



Evaluación de amenaza por sequías meteorológicas y su impacto en el recurso suelo, caso estudio finca la ponderosa, municipio de monterrey, Casanare.

Javier Leonardo Romero Fernández

Universidad el bosque
Facultad de ingeniería
programa ingeniería ambiental
Bogotá, 1 noviembre de 2019

Evaluación de amenaza por sequias meteorológicas y su impacto en el recurso suelo, caso estudio finca la ponderosa, municipio de monterrey, Casanare.

Javier Leonardo Romero Fernández

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Ambiental

Director

Ricardo Antonio Tobón Rojas

Codirector

Liliana Figueroa Del Castillo

Universidad el bosque
Facultad de ingeniería
Programa ingeniería ambiental
Bogotá, Colombia
2019

Acta de sustentación

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

(Dedicatoria)

Este proyecto es dedicado principalmente a mi señor padre “José Nelson Romero” quien antes de su fallecimiento fue la persona que me apoyo desde un principio a estudiar esta carrera y a mi señora madre “Magnolia Fernández Gutiérrez” quien con su disposición y amor me motivo a seguir adelante ante las adversidades. Por último, a toda mi familia el cual son las personas que siempre me apoyaron de alguna manera en poder culminar mis estudios y poder optar el título como ingeniero Ambiental.

Agradecimientos

Primeramente, a Dios que me otorgo vida y salud para poder iniciar y terminar este proceso educativo que tanto anhele.

Agradecer a mi madre Magnolia Fernández y mis hermanos Jhon Nelson Romero Fernández y Carlos Alexis Romero Fernández, quienes fueron las personas que me apoyaron desde un principio económicamente para poder desarrollar y ejecutar de la mejor manera este proyecto y por nunca perder la fe en mí.

A mi tío Fredy Fernández Gutiérrez quien fue la persona que me apoyó y me acompañó a realizar la visita a campo y a la recolección de muestras de suelo. El cual sin el no hubiera podido realizar este proyecto.

Al señor Julio Bacca por permitirme realizar el proyecto en su finca La Ponderosa.

Al profesor Ricardo Antonio Tobón Rojas por su confianza, dedicación e instrucciones para el desarrollo de este proceso investigativo, y por ser una persona correcta.

A la profesora Liliana Figueroa del Castillo quien con su apoyo y recomendaciones fue de vital importancia para el desarrollo y ejecución de este proyecto investigativo.

A mis amigos, colegas y compañeros Harrison Unda, José Galán, Andrés Sayo, Santiago Olaya por su apoyo incondicional durante esta etapa maravillosa de mi vida.

Contenido

	pág.
Introducción	1
1. Planteamiento del Problema y Pregunta de Investigación	2
1.1 Planteamiento del Problema	2
1.2 Pregunta de Investigación	3
2. Objetivos	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos	4
3. Justificación	5
4. Marco de Referencia	6
4.1 Estado del arte	6
4.2 Marco normativo	8
4.2.1 Normativas Internacional	8
4.2.2 Normativas nacional	10
4.2.3 Normas técnicas	12
4.3 Marco geográfico	13
4.4 Marco conceptual	17
4.5 Marco institucional	20
5. Metodología	21
5.1 Método	22
5.2 Actividades, técnicas e instrumentos	24
5.3 Fases de la investigación	25
6. Plan de Trabajo	31
7. Resultados, Análisis y Discusión de Resultados	32
7.1 Objetivo 1. Caracterizar geográfica y fisiográficamente el área de estudio, para determinar el estado actual de la misma	33
7.1.1 Fisiográfica	33

7.1.1.1 Geología	33
7.1.2 Geográfica	38
7.2 Objetivo 2. Evaluar el estado actual del suelo, para seleccionar indicadores relacionados con el impacto de sequía.	41
7.3 Objetivo 3. Determinar las zonas con mayor y/o menor susceptibilidad por sequía, mediante la elaboración de un SIG en el área a investigar, identificando las zonas aprovechables conforme a la capacidad de uso del suelo.	46
8. Conclusiones	51
9. Recomendaciones	51
Referencias Bibliográficas	52
Anexos	59

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Mapa de localización geográfica en el contexto Nacional y Departamental	14
Figura 2. Localización geográfica de la vereda Tierra Grata en el municipio de Monterrey, Casanare	16
Figura 3. Ubicación finca La Ponderosa	17
Figura 4. Enfoque de la investigación	21
Figura 5. Metodología para la consolidación de los objetivos de investigación	23
Figura 6. Fases de la investigación	25
Figura 7. Identificación de zonas para toma de muestras de suelo, finca la Ponderosa	26
Figura 8. Retiro cobertura vegetal del suelo	27
Figura 9. Almacenamiento y rotulado de las muestras de suelo	27
Figura 10. Presentación de muestras de suelo con su respectivo rotulado	28
Figura 11. Depósito de abanico-terrazza antiguo	35
Figura 12. Mapa Geológico de la Zona de Estudio	35
Figura 13. Mapa Variable Geométrica de Pendientes Finca La ponderosa	37
Figura 14. Finca La Ponderosa	38
Figura 15. Caño El Tigre	39
Figura 16. Quebrada Ranchería	40
Figura 17. Forma de relieve del terreno finca La Ponderosa	40
Figura 18. Resultados IDP mes por mes de cada estación meteorológica	48
Figura 19. Mapa de Amenaza por Sequía Meteorológica en el Municipio de Monterrey – Vereda Tierra Grata	49
Figura 20. Mapa de Amenaza por Sequía Meteorológica en el Municipio de Monterrey – Vereda Tierra Grata	50

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Normatividad internacional referente a temas del recurso aire y desarrollo sostenible	8
Tabla 2. Normatividad Nacional	10
Tabla 3. Normas técnicas	12
Tabla 4. Datos generales de la ubicación del municipio de Monterrey Casanare	13
Tabla 5. Partes interesadas	20
Tabla 6. Actividades, técnicas e instrumentos	24
Tabla 7. Estaciones meteorológicas en el Departamento de Casanare	29
Tabla 8. Precipitaciones mes por mes del año 2014 de cada estación.	29
Tabla 9. Rangos de clasificación intensidad de la amena por sequias meteorológicas	30
Tabla 10. Plan de Trabajo	31
Tabla 11. Resultados análisis de muestras de suelo, finca La Ponderosa.	41
Tabla 12. Resultados análisis de muestras de suelo potreros 1, 2 y 3, finca La Ponderosa. Obtenidos de Laboratorios AGRILAB, 2019.	42
Tabla 13. Resultados IDP mensual de cada estación meteorológica en el departamento de Casanare.	47

Lista de Anexos

	pág.
Anexo A. Fotografías visita a campo y toma de muestras de suelo	59
Anexo B. Resultados Análisis de Suelos	66

Resumen

El presente trabajo de investigación se formuló debido a la problemática ambiental que sea generado durante los últimos años en todo el departamento de Casanare, por medio de los fuertes veranos y sequias, convirtiéndose en una amenaza para las fuentes hídricas y los suelos de esta zona. Por lo tanto, el desarrollo de esta investigación busca una evaluación de amenaza por sequias meteorológicas y su impacto en el suelo, caso estudio finca La Ponderosa, municipio de Monterrey – Casanare, bajo una metodología inductiva que busca determinar las zonas susceptibles a erodabilidad en el área de estudio. Con esta finalidad, el proyecto se desarrolló por medio de una fase de diagnóstico que permitió caracterizar el estado actual a nivel geográfico y fisiográfico de la finca La Ponderosa, para luego determinar el área donde se obtuvieron las muestras de suelo y analizar su estado, para luego identificar y seleccionar indicadores que estén relacionados con el efecto sequias meteorológica. Finalmente, luego de la obtención de los resultados por medio de análisis químicos, se aplicó el índice de desviación de la precipitación (IDP) mes por mes a cinco estaciones meteorológicas, con el cual se determinó la intensidad y el tipo de sequía que se genera en la zona de estudio. finalmente se realizó un SIG donde se determinó que las zonas más susceptibles a las sequias meteorológicas son las que tienen mayores pendientes.

Palabras claves: Amenaza, Erosión, suelo, sequia Meteorológica, Susceptible.

Abstract

The present research work was formulated due to the environmental problems that the sea generated during the last years throughout the department of Casanare, through the strong summers and droughts, becoming a threat to the water sources and soils of this area. Therefore, the development of this research seeks an evaluation of the threat by meteorological sequences and its impact on the soil, case study La Ponderosa farm, municipality of Monterrey-Casanare, under an inductive methodology that seeks to determine the areas susceptible to erodability in the study area. For this purpose, the project was carried out through a diagnostic phase that specified the current state at the geographical and physiographic level of the La Ponderosa farm, to then determine the area where the soil samples were obtained and analyze their status, and then Identify and select indicators that are related to the effect of weather sequences. Finally, after obtaining the results through chemical analysis, the precipitation deviation index (IDP) was applied month by month to five meteorological stations, with which the intensity and type of drought that was generated was determined. In the study area, GIS is subsequently carried out where it is determined which areas most susceptible to weather droughts are the ones with the greatest slopes.

Keywords: Threat, Erosion, soil, Meteorological drought, susceptibility.

Introducción

A raíz del cambio climático en los últimos años ha aumentado la preocupación por el aumento de la intensidad y severidad que puede traer consigo sobre fenómenos extremos como la sequía. El Departamento de Casanare por su ubicación geográfica y fisiográfica, presenta una gran variedad de fenómenos naturales, con un potencial de amenaza alta, llegando a poner en riesgo en diferentes áreas que son vulnerables en todo el territorio, añadido a esto presenta un periodo de verano comprendido entre los meses de noviembre a marzo sin embargo es importante tener en cuenta fenómenos meteorológicos como el Niño y La Niña, que afectan el régimen climático del Departamento CDGRD (2012) generando que las temperaturas aumenten y estas provoquen sequías extremas, ocasionando diferentes impactos ambientales como: incendios forestales, afectación en la estructura del suelo, las fuentes hídricas se evaporen y disminuya su caudal, entre otros; de los cuales se derivan afectando tanto en el aspecto social y económico del departamento.

Teniendo en cuenta el contexto geográfico y climatológico en el que se encuentra el departamento de Casanare, es posible inferir que éste es uno de los problemas que tiene mayor repercusión a esta zona y por ende genera una mayor cantidad de problemas a nivel ambiental, social y económico. Uno de los recursos más afectados es el suelo, ya que al hacer presencia este tipo de amenaza provoca una disminución en la retención de humedad generando una disminución en procesos de descomposición de la materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, reducción de carbono orgánico y compactación del suelo. Disminuyendo su capacidad de aportar nutrientes a las diferentes actividades productivas FAO (2010)

Con base a lo anterior, se pudo ver reflejado dentro del desarrollo del proyecto realizado en la finca la ponderosa, municipio de monterrey, Casanare, los impactos y las repercusiones que se generan a raíz de fenómenos como la sequía meteorológica y que se potencializan por las condiciones geográficas, fisiográficas y actividades antrópicas, causando un efecto en lo económico, social y ambiental. Por tal razón, esta investigación pretende buscar alternativas que impidan o mitiguen las consecuencias generadas por las fuertes sequías.

1. Planteamiento del Problema y Pregunta de Investigación

1.1 Planteamiento del Problema

En el departamento de Casanare, a través de los años ha estado sometido a tragedias ambientales principalmente por las sequias debido al aumento de la temperatura y sus fuertes veranos ocasionados por fenómenos naturales y/o actividades antrópicas, lo cual ha provocado que las principales fuentes hídricas de la región se estén secando, degradando los suelos y por ende afectando su capacidad para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios; dejando como consecuencias problemas ambientales, sociales y económicos, los cuales llevan a entender y analizar la citada problemática desde el territorio, con el objeto de realizar acciones que permitan identificar, evitar y soportar este tipo de amenazas.

Durante los últimos años, los municipios del departamento de Casanare han enfrentado duras sequias, que, según el estudio de conflictos de uso del suelo del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, el 42 por ciento del departamento cuenta con suelos sobreutilizados o subutilizados (IGAC, 2015), siendo vulnerables a la a fenómenos como lo son la sequía. Por lo tanto, sus fuentes hídricas disminuyen considerablemente su caudal. Uno de los principales causantes de esta problemática ambiental, más allá de las condiciones climáticas extremas que se generan en este territorio, es la forma como se está planificando el desarrollo en esta región del país y su relación con los niveles de vulnerabilidad a eventos como la sequía (Ramirez, 2014). Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, el principal problema de los suelos de esta región de la Orinoquia colombiana es la subutilización, es decir suelos que no son aprovechados para su verdadera vocación o simplemente territorios abandonados que se están perdiendo; este fenómeno afecta al 31 por ciento del Casanare (1.396.446 hectáreas) (IGAC, 2015). Por el cual, solo ve a la naturaleza como una gran despensa de bienes mercantiles susceptibles de explotación.

A partir de lo anterior, se puede ver claramente que hay un problema en cuanto al uso del suelo y se necesitan desarrollar estrategias efectivas que contribuyan al buen uso de los recursos naturales, evitando el menor impacto posible y el daño a las especies naturales de la región, buscando el bienestar y una buena calidad de vida para las personas (Palacio & Rodriguez, 2014).

1.2 Pregunta de Investigación

¿Qué tipo de zonas pueden ser más susceptibles a la amenaza por sequías meteorológicas de acuerdo al estado del suelo de la finca La Ponderosa, Municipio de Monterrey?

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar la amenaza por sequias y su impacto que genera en el recurso del suelo, para determinar las zonas susceptibles a erodabilidad. Caso estudio finca La Ponderosa, Municipio de Monterrey-Casanare.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar geográfica y fisiográficamente el área de estudio para determinar el estado actual de la misma.
- Evaluar el estado actual del suelo para seleccionar indicadores relacionados con el impacto de sequía.
- Determinar las zonas con mayor y/o menor susceptibilidad por sequía mediante la elaboración de un SIG en el área a investigar, identificando las zonas aprovechables conforme a la capacidad de uso del suelo.

3. Justificación

No se puede desconocer la urgencia que ha surgido a nivel nacional y principalmente en el departamento de Casanare de proporcionar alternativas que ayuden a mitigar los efectos negativos que se originan a nivel ambiental, social y económico en razón a la sequía en este territorio. En este sentido, el presente proyecto se plantea mediante el uso de diferentes herramientas que permitan identificar los diversos impactos que se generan en el suelo producidos por las sequias meteorológicas, por medio de un análisis en cuanto a su conformación geológica, régimen de lluvias y estado del suelo, con el fin de diseñar estrategias que permitan determinar el alcance de esta amenaza por sequía sobre el suelo de la finca La Ponderosa.

Ahora bien, la sequía que se ha vivido en el departamento de Casanare ha dejado cerca de 250.000 hectáreas de verdes sabanas colmadas de agua y animales, convertidas ahora en un desierto y ocasionando la muerte de diferentes especies como: ganado, chigüiros, babillas, pescados, etc. (Palacio & Rodriguez, 2014), lo anterior en razón del manejo inadecuado del recurso hídrico, deforestación indiscriminada del bosque natural, ampliación de la frontera agrícola, sobrepastoreo, Cambio en el uso del suelo, y actividad petrolera (CDGRD, 2012).

Por lo tanto, surge la necesidad de implementar ejercicios académicos como este, ya que se pretende evaluar el alcance de la amenaza que se genera por la sequía y su impacto sobre el suelo, causados por las condiciones climáticas y geomorfológicas. Por ende, se pretende realizar un análisis del sistema territorial y proponer acciones que presenten posibles soluciones para impedir y/o mitigar las consecuencias generadas por las fuertes sequías.

4. Marco de Referencia

4.1 Estado del arte

La construcción del estado del arte se realizó mediante una revisión minuciosa en diferentes documentos (Libros, tesis, artículos y repositorios de universidades nacionales e internacionales) con el fin de establecer la línea base que permite analizar las metodologías aplicadas en lo que respecta a la evaluación de amenaza por sequía y su impacto en el suelo.

Como primera instancia en el contexto internacional, se obtuvo un estudio realizado por Ravelo et al (2016) el cual se titula “Monitoreo y Evaluación de las Sequías en América Central” que contiene elementos metodológicos de monitoreo y evaluación de sequias, debido a que son fenómenos naturales que no reconocen fronteras y que poseen una recurrencia irregular y continua. Las sequias se constituyen a una adversidad climática recurrente en varias regiones del mundo y debido a su duración e intensidad causa importantes pérdidas económicas y interrupciones en las actividades de las comunidades rurales y urbanas. La metodología aplicada para el monitoreo y evaluación de las deficiencias hídricas, se diseñó y aplicó unos programas de computación denominado Sistema Operativo de Sequías (SOS). También se utilizaron los índices de sequía PDSI (Palmer Drought Severity Index), SPI (Standardized Precipitation Index), CMI (Crop Moisture Index) y FAPAR (Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation). En los resultados más relevantes en este estudio se generaron mapas de dichos índices para el año 2015, en particular para la estación de crecimiento de los cultivos, por lo cual señalaron que la ocurrencia de sequias severas se representaban en la mayor parte del área de estudio y se corroboraron con el registro de daños en el sector agrícola y pecuario.

Finalmente, se obtuvo un estudio el cual realizaban una “Caracterización de las sequías meteorológicas en la región central de la Argentina” realizado por Vicario et al (2015) en el cual analizan la variabilidad espacial de las sequias meteorológicas en la región central de la Argentina mediante el índice estandarizado de precipitaciones (SPI) para subáreas y en el ámbito regional, teniendo en cuenta, además, la influencia del fenómeno climático ENSO, para así, identificar las sub áreas de influencia con déficit hidrometeorológico, por lo cual se aplicaron algunos criterios y

estadísticas, análisis sobre la variable lluvia media anual de 15 localizaciones en la región de estudio utilizando datos pluviométricos mensuales de las estaciones ubicadas en las provincias de Santa Fe y entre Ríos, en el periodo de 1980 y 2009. El resultado más relevante, es que en los tres grupos se observaron periodos de sequía severas y/o extremas alrededor de los años 1989 y 2008-2009 en todas las estaciones, además de eventos puntuales de sequías intensas en algunas de ellas a fines de la década de 1990.

En segunda instancia en el contexto nacional, los estudios relacionados con la evaluación de sequías en Colombia son muy escasos, a raíz de esto se logró obtener un estudio aplicado en el departamento de Córdoba, que se titula “Evaluación de la amenaza por sequía en el departamento de Córdoba” en donde evaluaron la amenaza por sequía en el departamento de Córdoba mediante los registros históricos de precipitación mensual de 40 estaciones meteorológicas entre los años 1970 y 2012, por medio del cálculo de los Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) a escala de 3 y 6 meses, identificando que las sequías que predominan son las de intensidad moderada con una frecuencia de 58% y 56% en escala trimestral y semestral. Como resultado importante obtuvo que la evaluación de la amenaza muestra que en el Departamento se presentan zonas con amenazas media y alta

En segunda instancia en el contexto nacional, los estudios relacionados con la evaluación de sequías en Colombia son muy escasos, a raíz de esto se logró obtener un estudio aplicado en el departamento de Córdoba, que se titula “Evaluación de la amenaza por sequía en el departamento de Córdoba” en donde evaluaron la amenaza por sequía en el departamento de Córdoba mediante los registros históricos de precipitación mensual de 40 estaciones meteorológicas entre los años 1970 y 2012, por medio del cálculo de los Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) a escala de 3 y 6 meses, identificando que las sequías que predominan son las de intensidad moderada con una frecuencia de 58% y 56% en escala trimestral y semestral. Como resultado importante obtuvo que la evaluación de la amenaza muestra que en el Departamento se presentan zonas con amenazas media y alta por Nobles (2016). A raíz de lo anterior se obtuvo un estudio que proponía un sistema de mitigación y recuperación del suelo debido a que había sido afectado por las altas temperaturas generando sequías prolongadas en la zona de estudio, que se titula “Leguminosa arbustiva de usos múltiples para zonas con periodos prolongados de sequía en Colombia” realizado por Lascano & Rincón (2005) propusieron en su trabajo de investigación un tipo de leguminosa *Cratylia argentea* que fue sembrada en diferentes zonas de Colombia, el cual tuvo como resultados que este tipo de

planta tiene una muy buena adaptación en sitios con climas subhúmedos y entre 5 y 6 meses de sequía, ya que tiene una alta capacidad de rebrote en épocas seca, con una alta capacidad de forraje verde y sus hojas tienen un alto contenido de proteína

Finalmente, en tercera instancia en el contexto regional se encontró un estudio que se titula “Análisis de vulnerabilidad del sistema territorial para la región afectada por la sequía del presente año en los departamentos del meta y casanare en colombia”; este estudio desarrolla un analisis de la problemática que se generó a raíz de la sequia en los departamentos de Meta y Casanare, teniendo en cuenta el gran impacto de las actividades económicas y productivas que ocurren allí tales como la exploración sísmica y/o extracción petrolera, entre otras, en el marco del cambio climático. De acuerdo a esto, se pudieron identificar la vulnerabilidad del sistema territorial dando como resultado que en las dimensiones: ambiental, economía, político-institucional, sociocultural, sector urbano y rural, la incidencia es alta, debido a la falta de interés y apoyo por parte del gobierno nacional frente a este tipo de problemáticas, realizado por (Palacio & Rodríguez, 2014).

4.2 Marco normativo

4.2.1 Normativas Internacional

Tabla 1. Normatividad internacional referente a temas del recurso aire y desarrollo sostenible

Norma	Año	Promulga	Descripción
La Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente Humano	1972	Organización de las Naciones Unidas	La declaración de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el ambiente humano proclama la necesidad de un criterio y unos principios comunes que ofrezcan a los pueblos del mundo inspiración y guía para preservar y mejorar el medio humano, mediante recomendaciones para la acción de plano internacional como: Recomendación 20: Se recomienda que la ONU para la Agricultura y la Alimentación, refuerce los mecanismos necesarios para la obtención internacional de conocimientos y la transmisión de experiencia sobre las posibilidades, la degradación, la conservación y la restauración de los suelos (ONU, 1972).
La Declaración de Río de Janeiro sobre Ambiente y Desarrollo	1992	Organización de las Naciones Unidas	La declaración de Río de Janeiro sobre Ambiente y Desarrollo tiene como principio que los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones

			relacionadas con el desarrollo sustentable. Tiene derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la Naturaleza (ONU, 1992 a)
--	--	--	--

Tabla 1 (continua)

Norma	Año	Promulga	Descripción
El Convenio sobre Diversidad Biológica	1992	Organización de las Naciones Unidas	Establecer una Iniciativa Internacional para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica de los suelos como iniciativa intersectorial en el marco del programa de trabajo sobre diversidad biológica agrícola, e invita a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y a otras 9 Antecedentes Normativos e Institucionales organizaciones pertinentes, a que faciliten y coordinen esa iniciativa (ONU, 1992b)
La Convención de Naciones Unidas para el Cambio Climático	1992	Organización de las Naciones Unidas	Se reconoce la existencia de la problemática del Cambio Climático, y se establece como objetivo lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. También reconoce que los países de baja altitud y otros países insulares pequeños, los países con zonas costeras bajas, zonas áridas y semiáridas, o zonas expuestas a inundaciones, sequía y desertificación, y los países en desarrollo con ecosistemas montañosos frágiles, son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático (ONU, 1992c).
La Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y Sequía	1994	Organización de las Naciones Unidas	La Convención tiene como objetivo principal luchar contra la desertificación y mitigar los efectos de la sequía en los países afectados por sequía grave o desertificación, mediante la adopción de medidas eficaces en todos los niveles (ONU, 1994).
Declaración de Johannesburgo sobre Desarrollo Sostenible	2002	Organización de las Naciones Unidas	La Declaración se basa en los principios de los derechos humanos universales, así como intenta impulsar el desarrollo sostenible en todos los ámbitos como económico, social y ambiental, demostrando que la reducción de la pobreza es posible a través de este desarrollo sostenible. El documento también retoma los principios acordados en las conferencias anteriores del Medio Ambiente y el Desarrollo en Estocolmo y Río de Janeiro (ONU, 2002).

Nota: Elaboración propia

4.2.2 Normativas nacional

Tabla 2. Normatividad Nacional

Norma	Año	Promulga	Descripción
Ley 23	1973	Congresos de la Republica	Concede facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código Nacional de los Recursos Naturales y de protección al medio ambiente, según el Artículo 1 . Es objeto de la presente ley prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del Territorio Nacional. Artículo. 2 . El medio ambiente es un patrimonio común; por lo tanto, su mejoramiento y conservación son actividades de utilidad pública, en las que deberán participar el Estado y los particulares. Para efectos de la presente Ley, se entenderá que el medio ambiente está constituido por la atmósfera y los recursos naturales renovables. Artículo. 3 . Se consideran bienes contaminables el aire, el agua y el suelo (Ley 23, 1973).
Ley 9	1989	Congreso de la Republica	Por la cual se dictan normas sobre planes de desarrollo municipal, compraventa y expropiación de bienes y se dictan otras disposiciones (Ley 9, 1989).
Constitución Política de Colombia	1991	Asamblea Nacional Constituyente	Es la carta de navegación del país, en donde esta presentados y especificados los principales derechos y deberes de la población colombiana. En su contenido en los artículos 8, 49, 58 capítulo 3, 82 y 334 establecen la importancia del cuidado y protección del medio ambiente, y el uso de los recursos naturales. También se toma como referencia el Artículo 330 el cual, da conformidad con la Constitución y las leyes, los territorios indígenas estarán gobernados por consejos conformados y reglamentados según los usos y costumbres de sus comunidades y ejercerán las siguientes funciones: Velar por la aplicación de las normas legales sobre usos del suelo y poblamiento de sus territorios (Constitución Política de Colombia, 1991).
Ley 99	1993	Congreso de la Republica	Reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del ambiente y los recursos naturales renovables, organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y crea Ministerio del Medio Ambiente. Lo cual es catalogada como la norma referente para la gestión ambiental del país (Ley 99, 1993)
Ley 165	1994	Congreso de la Republica	Por medio de la cual se aprueba el "Convenio sobre la Diversidad Biológica", hecho en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992 (Ley 165, 1994).
Ley 388	1997	Congreso de la Republica	Por el cual modifica la Ley 9 de 1989 y la Ley 2 de 1991 sobre ordenamiento territorial. Como principales objetivos según en el Artículo 1 . Objetivo 1. El establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y

			racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes.
--	--	--	--

Tabla 2. (continua)

Norma	Año	Promulga	Descripción
Ley 388	1997	Congreso de la Republica	Objetivo 2. Garantizar que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios, y velar por la creación y la defensa del espacio público, así como por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres. Artículo 2. Atender los procesos de cambio en el uso del suelo y adecuarlo en aras del interés común, procurando su utilización racional en armonía con la función social de la propiedad a la cual le es inherente una función ecológica, buscando el desarrollo sostenible (Ley 388, 1997).
Ley 461	1998	Congreso de la Republica	Por medio de la cual se aprueba la "Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular África" (Ley 461, 1998)
Ley 507	1999	Congreso de la Republica	Modifica Ley 388 de 1997 sobre formulación y adopción de los planes y esquemas de ordenamiento territorial (Ley 507, 1999).
Ley 1454	2011	Congreso de la Republica	Por la cual se dictan normas orgánicas sobre ordenamiento territorial (Ley 1454, 2011).
Ley 1523	2012	Congreso de la Republica	Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones (Ley 1551, 2012).
Ley 1551	2012	Congreso de la Republica	Por la cual se dictan normas para modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios. En él los siguientes artículos están relacionados con el tema tratado, según el Artículo 6. Sección 2: Elaborar los planes de desarrollo municipal, en concordancia con el plan de desarrollo departamental, los planes de vida de los territorios y resguardos indígenas, incorporando las visiones de las minorías étnicas, de las organizaciones comunales y de los grupos de población

			vulnerables presentes en su territorio, teniendo en cuenta los criterios e instrumentos definidos por la Unidad de Planificación de Tierras Rurales y Usos Agropecuarios –UPRA–, para el ordenamiento y el uso eficiente del suelo rural, los programas de desarrollo rural con enfoque territorial, y en armonía con el Plan Nacional de Desarrollo, según la ley orgánica de la materia (Ley 1551, 2012).
Decreto Ley 2811	1974	Presidencia de la Republica	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto 2811, 1974). Por lo cual, señala que, el uso del suelo debe realizarse de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos. Adicionalmente, indica que, se debe determinar su uso potencial y clasificación según los factores físicos, ecológicos y socioeconómicos de cada región.
Decreto 1076	2015		En los artículos 2.2.1.1.18.6 establece entre las obligaciones de los propietarios de predios para la protección y conservación de suelos: 1. Usar los suelos de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos de tal forma que se mantenga su integridad física y su capacidad productora, de acuerdo con la clasificación agrológica del IGAC y con las recomendaciones señaladas por el

Tabla 2 (continua)

Norma	Año	Promulga	Descripción
Decreto 1076	2015		ICA, el IGAC y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2. Proteger los suelos mediante técnicas adecuadas de cultivos y manejo de suelos, que eviten la salinización, compactación, erosión, contaminación o revenimiento y, en general, la pérdida o degradación de los suelos. 3. Mantener la cobertura vegetal de los terrenos dedicados a ganadería, para lo cual se evitará la formación de caminos de ganado o terracetas que se producen por sobrepastoreo y otras prácticas que traigan como consecuencia la erosión o degradación de los suelos (Decreto 1076, 2015).

Nota: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de las referencias citadas al interior de la tabla

4.2.3 Normas técnicas

Tabla 3. Normas técnicas

Normativa	Propósitos
NTC 4113-1	Gestión ambiental calidad de suelo, muestreo.
IGAC	Metodología para la recolección de muestras de suelo.
USDA	Guía para la evaluación de la calidad del suelo de USDA.

Nota: Elaboración propia

4.3 Marco geográfico

A continuación, se delimita la ubicación del área de estudio y se presentan las características generales de aspectos geográficos, hidrográficos, geomorfológicos y ecosistémicos para el desarrollo del proyecto.

El municipio de Monterrey hace parte del departamento de Casanare y se encuentra localizado está localizada a los 4° 52' 34" de Latitud Norte y 72° 53' 47" de Longitud Oeste. Limita con los municipios al norte con Páez Boyacá y Tauramena, Sur con Tauramena y Villanueva Casanare, Oriente Tauramena y Occidente con Sabanalarga Casanare (Alcaldía Municipal de Monterrey, 2017). La siguiente tabla muestra algunos datos relevantes del municipio:

Tabla 4. Datos generales de la ubicación del municipio de Monterrey Casanare

Aspecto	Descripción
Altitud	500 msnm
Temperatura Media	27 °C
Extensión Total	879.57 Ha. Km2
Extensión Área Urbana	421.8 Ha. Km2
Extensión Área Rural	87.535,9 Ha. Km2
Población	14.831 habitantes

Nota: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Alcaldía Municipal de Monterrey (2017)

A continuación, se representan los mapas correspondientes a la localización del municipio de Monterrey en el contexto nacional y departamental.

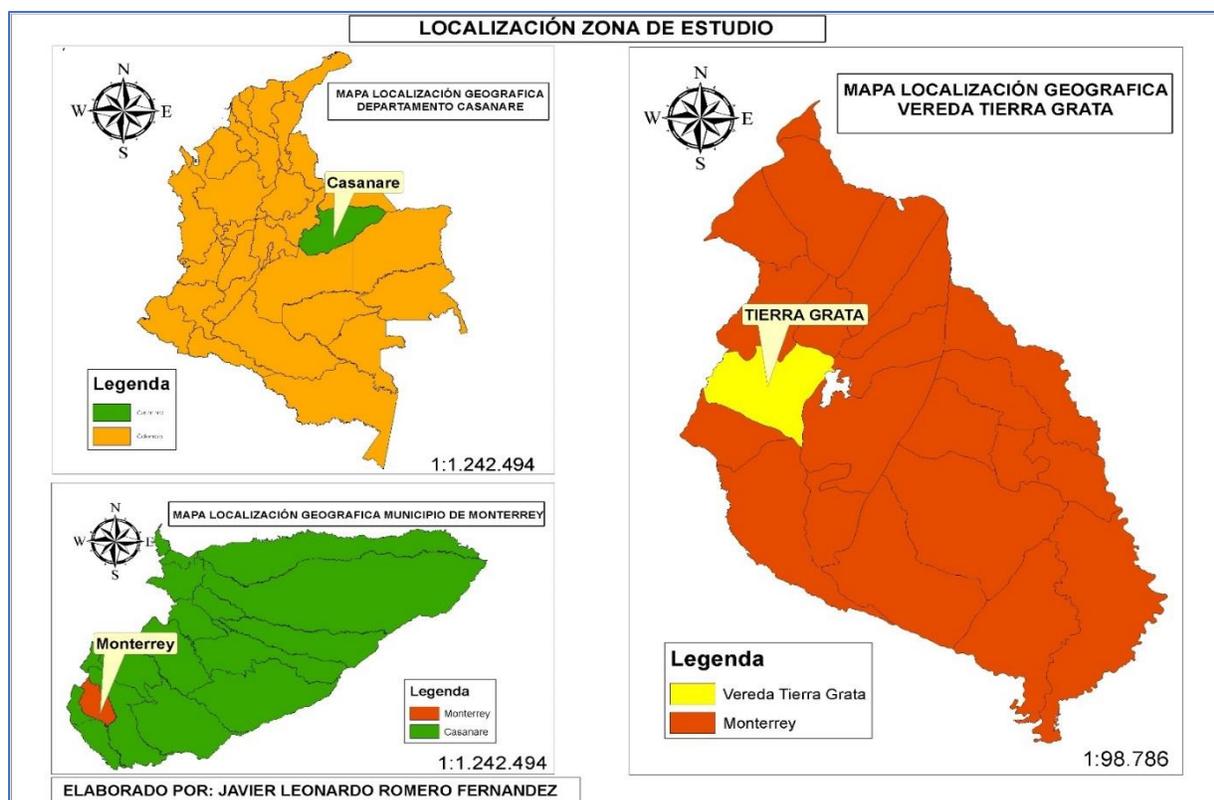


Figura 1. Mapa de localización geográfica en el contexto Nacional y Departamental.
Elaboración propia

Se toma como referencia los datos obtenidos por la Alcaldía Municipal de Monterrey (2017) en cuanto a sus características geográficas, geomorfológicas, hidrográficas, biodiversidad y economía del municipio de Monterrey Casanare

Geografía – Demografía. El municipio de Monterrey Casanare está localizado aproximadamente a 105 Km al sur occidente de la ciudad de Yopal, capital del departamento de Casanare, sobre territorios quebrados en los que sobresalen como accidentes orográficos los conocidos por los nombres de las lomas de Monserrate y la cuchilla de Palmicha, correspondientes al relieve de la vertiente oriental de la cordillera Oriental, que en esta jurisdicción y por su conformación topográfica, presenta los pisos térmicos cálido y medio, regados por las aguas de los ríos Guafal, Los Hoyos, Túa y Tacúya, además de las de numerosos caños, quebradas y algunas aguas más.

Geomorfología. El municipio de Monterrey, presenta un relieve variado, el cual ofrece una diversidad de paisajes (montaña, piedemonte, altiplanicie, lomerío y valle). Se identificaron tres ambientes morfo genéticos; los cuales se determinaron con base en la expresión e interpretación de

los procesos geomorfológicos registrados en el terreno que dieron lugar a la formación, evolución y modificación de las geformas. Los ambientes morfogenéticos reconocidos son: Fluvial, Denudacional y Estructural. Con paisaje de montaña ya que su topografía es abrupta debido a la actividad tectónica con pendientes superiores a 45%.

Precipitación. El régimen de lluvias en la zona es intenso y de carácter monomodal, debido a la formación de cinturones nubosos generados por la advección de aire húmedo procedente de la Amazonia y del movimiento de la zona de confluencia intertropical (ZICT), que es la franja de convergencia del aire húmedo del hemisferio Norte y Sur.

Hidrología. El municipio de monterrey cuenta con una característica fundamental y es que es uno de los municipios con mayor recurso hídrico en todo el departamento, los ríos y quebradas en su mayoría tienen su origen en el sistema montañoso y descienden en dirección NW-SE arrastrando abundante carga sólida, fenómeno que se ve a menudo incrementado por efectos erosivos, debido a la deforestación acelerada e incontrolada que allí se practica en especial en el río Túa.

Fauna y flora. La mayor parte de la cobertura vegetal nativa en el municipio, ha sido truncada por acción antrópica y en consecuencia coexisten aquí formaciones arbustivas, arbóreas y herbáceas. El sotobosque está formado por numerosos arbustos, bejucos leñosos, plantas herbáceas y epífitas. En la mayor parte del piedemonte llanero presenta una fauna silvestre muy escasa, debido a la caza y a la intensa intervención del hombre sobre los bosques y ecosistemas, convirtiendo su hábitat natural en potreros y cultivos agrícolas, generando la extinción y migración de la fauna silvestre hacia otros lugares.

Producción industrial de la zona. En el municipio de Monterrey se identifican varios reglones productivos del sector agropecuario: destacándose en la producción bovina como la actividad más importante en la generación de ingresos de la población. Como otros prioritarios se tienen, además; café, palma, piscicultura, frutales y un encadenamiento que abarca los sectores con alto potencial de desarrollo que denominamos promisorios.

Sin embargo, la zona de estudio para la elaboración de este proyecto, se limita en la finca La Ponderosa ubicada en la vereda Tierra Grata, el cual se localiza en el municipio de Monterrey, departamento de Casanare. La vereda Tierra Grata está ubicada al occidente del municipio (ver Figura 2), sobre el piedemonte llanero. La vocación del suelo es para ganadería y reforestación, lo cual la actividad económica que predomina es la actividad ganadera.

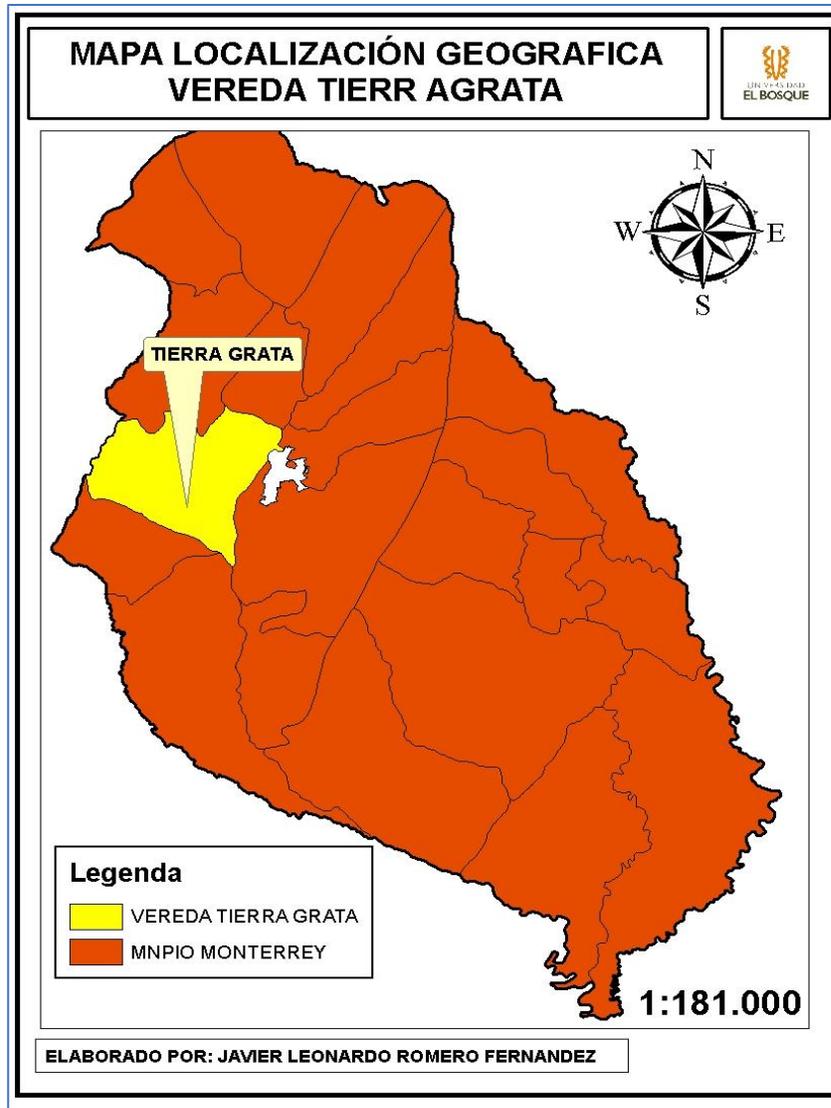


Figura 2. Localización geográfica de la vereda Tierra Grata en el municipio de Monterrey, Casanare. Elaboración propia

El Área de estudio está ubicado en la finca La Ponderosa y está localizada en las coordenadas está localizada a los $4^{\circ} 51' 37.2366''$ de Latitud Norte y $-72^{\circ} 56' 12.3246''$ de Longitud Oeste. A 11 kilómetros del casco urbano del municipio de Monterrey, departamento de Casanare. El cual está delimitada por los ríos El Tigre y La quebrada Ranchería. Esta finca cuenta con una extensión de 733.000 m², en donde su única función que ha ejercido es en la producción ganadera (ver figura 3)



Figura 3. Ubicación finca La Ponderosa. Elaboración propia

4.4 Marco conceptual

Sequía meteorológica: se refiere exclusivamente a la escasez de lluvia durante un período determinado (IDEAM, 2012).

Gestión del riesgo: es el conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales desarrollados por sociedades y comunidades para implementar políticas y estrategias, y para fortalecer sus capacidades con el fin de reducir el impacto de amenazas naturales y de desastres ambientales y tecnológicos. Esto involucra todo tipo de actividades, incluyendo medidas estructurales (por ejemplo, construcción de defensas ribereñas para evitar el desbordamiento de un río) y no-estructurales (por ejemplo, la reglamentación de los terrenos para fines habitacionales) para evitar o limitar los efectos adversos de los desastres (OPS , 2016).

Vulnerabilidad: es el componente más significante que tiene la amenaza en una región, en donde se marca con una escala de riesgo para determinar el peligro que se corre y los factores que lo rodean. Existen diferentes tipos de vulnerabilidad, para este caso se hace un enfoque sobre la vulnerabilidad territorial; esta tiene como principio el binomio Sociedad y Territorio, para lo cual se hace un estudio de las formaciones naturales como lo es la geología, hidrología, geomorfología

y problemas medio ambientales que existen en la zona; luego del estudio se relacionan directamente la población con los desastres que han ocurrido y la probabilidad que tienen de retornar (Hidalgo, 2009).

Amenaza: es el peligro que genera un fenómeno natural a una población, en donde pone en riesgo la vida de los habitantes y la infraestructura de la región.

Desertificación: es un proceso de degradación del suelo en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, que genera una reducción o pérdida de la producción biológica de los ecosistemas terrestres. Este proceso afecta principalmente el suelo, limitando el crecimiento de la vegetación y afectando el ciclo hidrológico, con lo cual se genera escasez de agua (Ceelat, 2013).

Acidificación: disminución del pH del suelo debido a la acumulación de iones de H^+ y Al^{3+} en el suelo, y la pérdida de cationes básicos tales como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+ (FAO, 2016).

Erodabilidad: es un índice que indica la susceptibilidad a la erosión y depende de las propiedades de cada suelo (FAO, 1997).

Degradación del suelo: un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios (FAO, 2019).

Erosión del suelo: Se refiere a las pérdidas absolutas de suelo de la capa superficial y nutrientes del suelo. Es proceso natural en zonas montañosas, pero con frecuencia se empeora mediante las malas prácticas de manejo (FAO, 2019).

Mitigación: es la intervención pretendida para reducir la degradación en curso. Por el cual el objetivo principal es de detener la degradación continua y comenzar con el mejoramiento de los recursos y sus funciones (FAO, 2019).

4.5 Marco teórico

En este punto, la amenaza está relacionada con el peligro que significa la posible ocurrencia de un fenómeno físico de origen natural, de origen tecnológico o provocado por el hombre que puede manifestarse en un sitio y durante un tiempo de exposición prefijado. Técnicamente, se expresa como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con un nivel de severidad en un sitio específico y durante un período de tiempo; por esta razón, la evaluación de amenaza en la mayoría de los casos, se realiza combinando el análisis probabilístico con el análisis

del comportamiento físico de la fuente generadora, utilizando información de eventos que han ocurrido en el pasado y modelando con algún grado de aproximación a los sistemas físicos involucrados (Cardona, 1993).

Según el Atlas de riesgo de Colombia revela los desastres latentes que la sequía se origina a través de un déficit de lluvias en un periodo extendido de tiempo, resultando una escasez de agua para alguna actividad o sector. Sus impactos se deben a la interacción entre el evento natural (menor lluvia que la esperada) y la demanda en el suministro de agua, situación que en muchos casos es exacerbada por las actividades humanas.

En este sentido, las sequías se pueden diferenciar en sequía estacional y sequía contingente (UNGRD, 2018). La primera es aquella que generalmente se presenta todos los años por la misma época, mientras que la contingente es inesperada; es decir, que se presenta durante una época en que normalmente se esperan lluvias. Según Wilhite y Glatz (1985) las sequías se clasifican de acuerdo a sus efectos climáticos basados en cuatro tipos básicos de medición: meteorológica, hidrológica, agrícola y socioeconómica.; es así que el tipo de sequía en que se centra esta investigación es de tipo meteorológica, y estas ocurren cuando los patrones de clima seco predominan en el área, como deficiencia de precipitación en términos de cantidad, intensidad y duración, y al aumento de la evaporación y transpiración a causa de altas temperaturas, vientos fuertes, baja humedad relativa, intenso sol y menor nubosidad.

Debido a la creciente inclusión de este fenómeno, en Colombia nace “El plan de acción nacional lucha contra la desertificación y la sequía en Colombia” (2005) como objetivo principal, de adelantar acciones contra la degradación de tierras, desertificación y mitigación de los efectos de la sequía, así como para el manejo sostenible de los ecosistemas de las zonas secas, a partir de la aplicación de medidas prácticas que permitan prevenir, detener y revertir dichos procesos degradativos y contribuir al desarrollo sostenible de las zonas afectadas (Minambiente, 2005). Lo anterior, a través de métodos que puedan calcular la sequía, en donde esta permita desarrollar análisis más detallado espacio-temporal para así poder definir la severidad y frecuencia de las sequías a diferentes escalas, donde integren la exposición y la vulnerabilidad para que puedan proporcionar información sobre las posibles consecuencias económicas, ambientales o sociales generadas por la sequía.

Por su parte McKee (1993), propuso el Índice de Precipitación Estandarización (SPI), el cual se basa en la probabilidad de precipitación para cualquier escala temporal, éste cuantifica el déficit

de precipitación para varias escalas temporales, las cuales reflejan el impacto de la sequía en la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos. La aplicación de (SPI) a escalas muy cortas permite identificar las condiciones de humedad del suelo lo cual responden anomalías de precipitación (OMM, 2012).

En Colombia existe la “política para la gestión sostenible del suelo” que promueve la gestión sostenible del suelo en Colombia, en un contexto integral en el que confluyan la conservación de la biodiversidad, el agua y el aire, el ordenamiento del territorio y la gestión de riesgo, contribuyendo al desarrollo sostenible y al bienestar de los colombianos, generando acciones de preservación, restauración y uso sostenible del suelo con el fin de mantener en el tiempo sus funciones y la capacidad de sustento de los ecosistemas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016)

4.5 Marco institucional

Tabla 5. Partes interesadas

ID	Nombre	Clase	Descripción
S-01	Director del proyecto	Interno	Revisión, seguimiento y ajustes del proyecto de grado, basado en los lineamientos y el cronograma de CTG. Generación oportuna de avales para informes de avance, para la monografía y la sustentación final.
S-02	Estudiantes del proyecto	Interno	Trabajar incansablemente para realizar el proyecto de grado según los lineamientos, metodología, formatos y cronograma del Comité de Trabajos de Grado del programa.
S-03	Comité de trabajos de Grado	Externo	Aprobación de director para el proyecto de grado para su elaboración pertinente.
S-04	Jurados del proyecto	Externo	Revisión, presentación y calificación para la aprobación del proyecto de grado

Tabla 5 (continua)

S-05	Finca La Ponderosa	Externo	Zona en donde se realizará el proyecto de investigación.
S-06	Alcaldía Municipal de Monterrey-Casanare	Externo	Obtención de información del área de estudio a través del esquema de ordenamiento territorial.
S-07	Universidad El Bosque	Externo	La elaboración del proyecto permita mejorar y demostrar la eficacia de la universidad, promoviendo la acreditación de alta calidad.
S-08	Laboratorios AGRILAB	Externo	Entrega de muestras de suelo para su respectivo análisis físico-químico

Nota: Elaboración propia.

5. Metodología

El enfoque de esta investigación en relación con los objetivos planteados es de tipo mixto, el cual permite analizar características importantes de la zona estudio relacionado con aspectos cualitativos como cuantitativos, de esta manera obtener los resultados esperados, como se refleja a continuación:

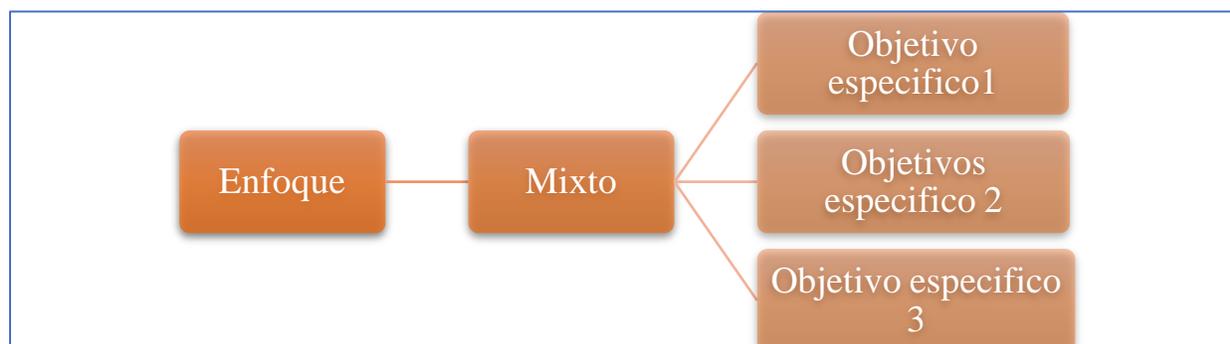


Figura 4. **Enfoque de la investigación.** Elaboración propia

De acuerdo con la figura anterior, este método permite analizar la problemática que se está generando a raíz de la amenaza por sequías y su impacto en el suelo en la zona de estudio. Debido a esto, el desarrollo de este proyecto requiere investigación cualitativa y cuantitativa de la toma de datos, debido a que se debe realizar una revisión bibliográfica para caracterizar geográfica y fisiográficamente del estado actual en que se encuentra la zona de estudio. Posteriormente realizar un estudio del estado actual del suelo mediante pruebas físico-químicas, para así luego seleccionar indicadores que estén relacionados por el impacto de sequía. Dando lugar a una perspectiva amplia y profunda de todo estado actual del sistema, razón por la cual se establecerá una visión integral y

holística para el planteamiento de soluciones por medio de una representación de un SIG enfocada a determinar las zonas con mayor y/o menor amenaza por sequía en el recurso suelo en la zona de estudio.

Por otra parte, el alcance de este proyecto es de carácter descriptivo y explicativo, ya que de acuerdo con los resultados obtenidos nos permite identificar las zonas vulnerables por amenaza por sequías y su impacto que ejerce sobre el recurso suelo, en la finca La Ponderosa, municipio de Monterrey - Casanare, de esta manera se pretende proporcionar este estudio como base, para que impulsen a realizar investigaciones acerca de esta problemática ambiental que se genera a raíz de la sequía principalmente en este tipo de zonas.

5.1 Método

Para el desarrollo de la propuesta metodológica para la evaluación de amenaza por sequías y su impacto en el suelo, caso estudio finca La Ponderosa, municipio Monterrey, Casanare, fue indispensable implementar un proceso consecutivo que permitiera cumplir con los objetivos planteados. Por el cual este proceso se desarrolló mediante tres fases, la primera fase, se realizó una caracterización geográfica y fisiográfica del estado actual en donde se realizara el estudio, por medio de una revisión bibliográfica, para así poder determinar las zonas de la hacienda en donde será tomadas las muestras del suelo para realizar su respectivo análisis físico-químicos y ver en qué estado se encuentra, y así poder seleccionar indicadores relacionados con el impacto de sequía y elaborar un SIG donde se determine las zonas con mayor y/o menor amenaza por sequía en el recurso suelo en la zona de estudio.

Adicional a lo anterior, evaluar la amenaza por sequía y su impacto que se genera en el recurso suelo, para determinar las zonas susceptibles a erodabilidad en la finca La Ponderosa.

Por lo mencionado, la figura 5, muestra la estructura metodológica de la investigación

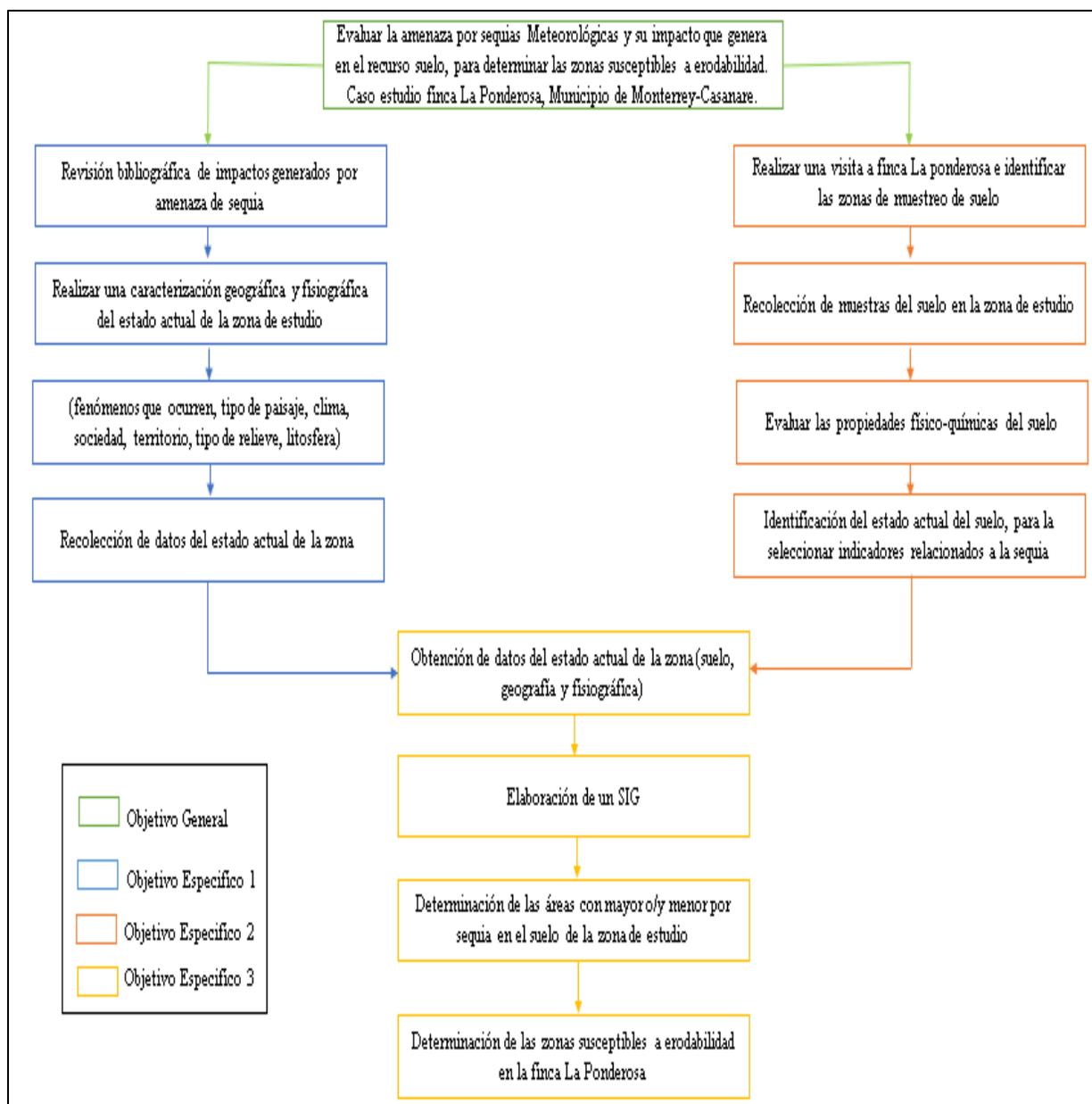


Figura 5. Metodología para la consolidación de los objetivos de investigación. Elaboración propia

5.2 Actividades, técnicas e instrumentos

Tabla 6. Actividades, técnicas e instrumentos

Objetivo general	Objetivos específicos	Actividades	Técnicas	Instrumentos	Resultados esperados
Evaluar la amenaza por sequías y el impacto que genera en el recurso suelo, para determinar las zonas susceptibles a erodabilidad.	Caracterizar geográfica y fisiográficamente el área de estudio, para determinar el estado actual de la misma.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión bibliográfica. 2. Caracterización geográfica, fisiográfica de la zona 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis y discusión de los documentos seleccionados. 2. Análisis documental y metodológico. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Libros, artículos científicos, bases de datos, proyectos de investigación. 2. Cuestionario. 3. Registro Fotográfico. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estado actual de la zona (relieve, territorio, paisaje, sociedad, clima, precipitación)
Caso estudio finca La Ponderosa, Municipio de Monterrey-Casanare.	Evaluar el estado actual del suelo, para seleccionar indicadores relacionados con el impacto de sequía.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar visita a finca La Ponderosa 2. Identificar zonas donde se tomarán muestras de suelos. 3. Obtención de las muestras de suelos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Muestreo representativo de suelos (FAO, 2018) 2. Evaluar las propiedades físico-químicas del suelo en el laboratorio. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Equipos de laboratorio 2. Materiales como: Bolsas plásticas, baldes limpios, pala de borde, cuaderno de registro, cina métrica. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar indicadores relacionados con el impacto de sequía en la zona de estudio (Estructura, Carbono orgánico).
	Determinar las zonas con mayor y/o menor susceptibilidad por sequía, mediante la elaboración de un SIG en el área a investigar, identificando las zonas aprovechables conforme a la capacidad de uso del suelo.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Toma de datos de las actividades realizadas anteriormente. 2. Elaboración de un SIG 3. Búsqueda de métodos para evaluar el nivel de sequías meteorológicas 4. Elaboración de un SIG 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Representación de datos 2. Aplicación del Índice de Desviación de la Precipitación 3. Análisis espacial 4. Superposición de mapas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Indicadores 2. ArcGis 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinación de zonas con mayor y/o menor amenaza por sequía en el recurso suelo en la zona de estudio 2. zonas susceptibles a erodabilidad

Nota: elaboración propia

5.3 Fases de la investigación

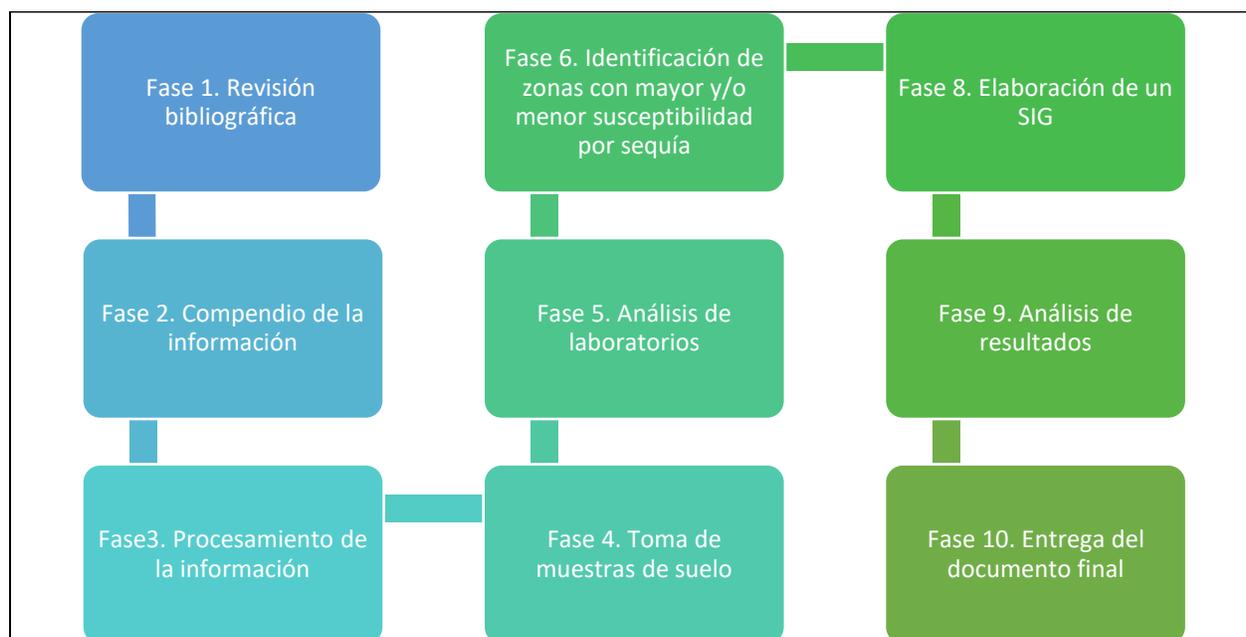


Figura 6. Fases de la investigación. Elaborada por autor

De acuerdo con la figura anterior, se especifican las fases de la investigación a continuación:

Fase 1. Revisión bibliográfica. La revisión bibliográfica se dividió en tres niveles como ya se había mencionado anteriormente, internacional, nacional y local. Los cuales se pudo determinar gracias a diferentes referentes teóricos para así poder delimitar y enfocar la investigación con el fin de dar cumplimiento a los objetivos que se plantearon de la misma.

Fase 2. Compendio de la información. Por medio de los estudios que se titulan “Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras en el departamento de Casanare” (IGAC, 2014) y “Anexos de la Memoria Explicativa de la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa escala 1:100.000 plancha 230 – Monterrey” (SGC, 2013), se tomó como referencia para caracterizar geográfica y fisiográficamente el estado actual del área de estudio en la finca La Ponderosa.

Fase 3. Procesamiento de la información. De acuerdo con la información obtenida, se representará el estado actual del área de estudio por medio de un SIG básico de la caracterización geográfica y fisiográficamente de la misma.

Fase 4. Toma de muestras de suelo. La toma de muestras de suelo se realizó tomando como referencia la metodología aplicada por la FAO, se realizó mediante:

- La clasificación de potreros en la que se encuentra la finca. La finca se divide por seis potreros (ver figura 7), para los potreros 1,4,5 y 6 se tomaron dos muestras de suelo debido a que la extensión de estos terrenos superaba las 10 hectáreas. Para los potreros 2 y 3 se tomó una muestra para cada uno, ya que tenían una extensión de 10 hectáreas. Estas debían presentar características similares de acuerdo a pendiente, tipo de cultivo, prácticas de manejo, vegetación, clima (altura), régimen hídrico y degradación del suelo. (Ver figura7)

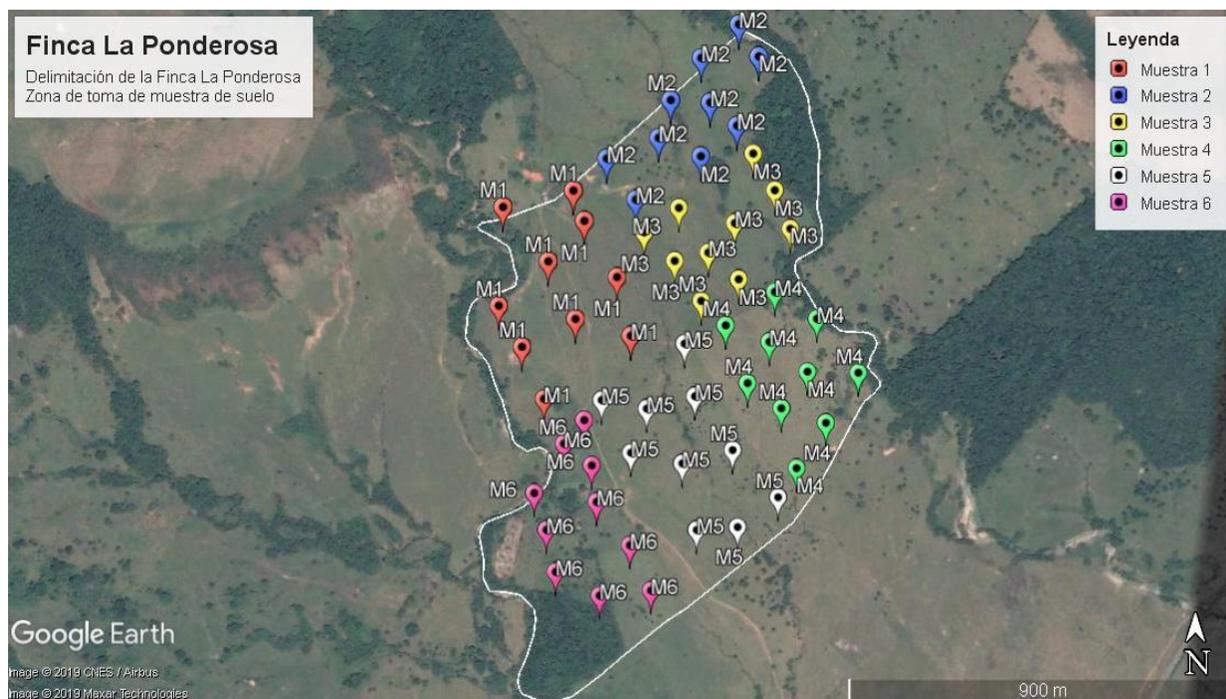


Figura 7. Identificación de zonas para toma de muestras de suelo, finca la Ponderosa.
Elaboración propia

Según la figura anterior, se representan la ubicación de cada submuestra representada con un color para cada potrero: para el color rojo representa el potrero #1, para el color azul potrero #2, para el color amarillo potrero #3, para el color verde potrero #4, para el color blanco potrero #5 y por último para el color rosado potrero #6.

- Se retiró la cobertura del suelo (ver figura 8) y se toma la muestra a una profundidad de 0-20 cm. Posteriormente se homogenizaron las submuestras para así obtener la muestra del suelo que pesara alrededor de 1000 g.



Figura 8. Retiro cobertura vegetal del suelo. Tomada por el Autor

- Se rotuló cada muestra proporcionando su información básica y documentar mediante un formato de campo los datos de los puntos de muestreo, incluyendo información relevante como: lugar de muestreo (coordenadas GPS de ser posible), descripción de la muestra en cuanto a pendiente, tipo de cultivo, prácticas de manejo y demás observaciones relevantes (ver figura 9)



Figura 9. Almacenamiento y rotulado de las muestras de suelo. Tomada por el Autor

Fase 5. Análisis de laboratorio. Las muestras de suelo obtenidas fueron llevadas a los laboratorios AGRILAB, las cuales fueron presentadas con la respectiva rotulación (ver figura 10) requerida y luego ser analizadas. Para identificar el estado actual del suelo y su calidad, y así

utilizar esta información como herramienta base en la toma de decisiones para el mejoramiento de los suelos de acuerdo con la vocación de uso y manejo del mismo, para así poder establecer indicadores relacionados con el impacto por sequía (pH, CE, CICE, Saturación de Humedad Media, COOx, MO, N Total, Densidad Aparente, Acidez intercambiable, Saturación de aluminio y determinación de textura)

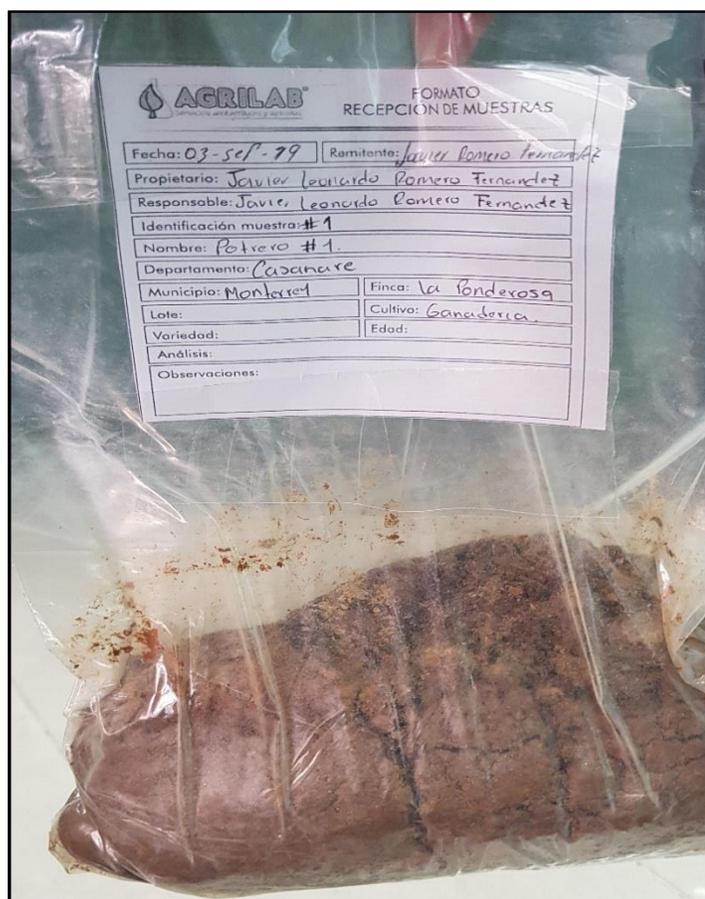


Figura 10. Presentación de muestras de suelo con su respectivo rotulado. Tomada por el Autor

Fase 6. Identificación de zonas con mayor y/o menor susceptibilidad por sequía meteorológica. Para evaluar el nivel de amenaza por sequías meteorológicas en el área de estudio, se tomó como referencia la metodología aplicada por INETER (2005) el cual se titula “Recomendaciones técnicas para la elaboración de mapas de amenazas por sequía meteorológica”. principalmente para aplicar a esta metodología para este estudio, es necesario obtener datos de precipitación.

Para este estudio se tomaron los datos de precipitaciones mes por mes de las cinco estaciones

meteorológicas que se encuentran en el departamento de Casanare, debido a que, en el municipio de Monterrey, el cual es donde está ubicada la zona de estudio, no cuenta con una estación meteorológica. Los datos obtenidos se tuvieron a través del estudio realizado por el IGAC (2014) “Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras, Departamento de Casanare”. Las cinco estaciones están representadas en la siguiente tabla:

Tabla 7. Estaciones meteorológicas en el Departamento de Casanare

Código	Estaciones Meteorológicas	Coordenadas		Altitud (msnm)
3509004	Sabanalarga (Reventora)	4°51'49.9116"W	73°2'47.817"N	390
3521501	Yopal (Aeropuerto)	5°18'9.8996"W	- 72°22'47.8457"N	325
3521001	Yopal (El Morro)	5°27'49.9197"W	-72°27'47.821"N	656
3602001	Sacama (Pte. Quemado)	6°5'49.9162"W	- 72°10'47.8518"N	1020
3519003	Chameza	5°11'49.9137"W	- 72°53'47.8378"N	1080

Nota: Elaboración propia

Posteriormente, para seguir con esta investigación, a través del estudio citado anteriormente, se toma los datos de precipitación calculados en el año 2014 de cada estación, el cual fue la temporada más seca en el departamento. Los datos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 8. Precipitaciones mes por mes del año 2014 de cada estación.

Meses	Estaciones meteorológicas en Casanare				
	Sabanalarga (Reventora) (mm)	Yopal (Aeropuerto) (mm)	Yopal (El Morro) (mm)	Sacama (Pte. Quemado) (mm)	Chameza (mm)
Enero	59	6	14	35	51
Febrero	91	47	72	49	62
Marzo	83	79	116	160	141
Abril	373	286	383	205	375
Mayo	550	338	502	417	610
Junio	656	292	518	391	765
Julio	720	284	455	425	660
Agosto	645	279	484	418	574
Septiembre	583	277	429	229	552
Octubre	503	237	405	316	541
Noviembre	328	154	218	170	334
Diciembre	108	23	40	59	122
Total, Precipitación	4699	2302	3636	2874	4787

Promedio Normal	391,58	191,83	303,00	239,50	398,92
------------------------	--------	--------	--------	--------	--------

Nota: Tabla elaborada por: Autor, 2019.

Finalmente, para evaluar el nivel de amenaza por sequias meteorológicas y poder determinar las zonas con mayor y/o menor susceptibilidad a esta amenaza es necesario conocer la intensidad de este evento, el cual se obtiene mediante el Índice de Desviación de la Precipitación (SPI) y se representa con la siguiente expresión:

$$I = \left[\left(\frac{P}{PN} \right) - 1 \right] \times 100$$

Donde:

I: Índice de Desviación de la Precipitación

PN: Precipitación Normal del Periodo

P: Precipitación Total del Periodo

Según INETER (2005) este índice se ha calculado para analizar el déficit de precipitación anual, sin embargo, es aplicable mensualmente o durante un periodo determinado de tiempo. Para comprender los resultados de este índice, se le ha asignado la siguiente interpretación que se refleja en la tabla 9

Tabla 9. Rangos de clasificación intensidad de la amena por sequias meteorológicas

Tipo de amenaza	Tipo de Sequia	Déficit (%)
Baja	Sequia Débil	Entre -15 Y -30
Media	Sequia Moderada	Entre -30 y -45
Alta	Sequia Severa	>-45

Nota: Construcción propia a partir de datos obtenidos de INETER (2005)

Esta metodología fue aplicada para conocer el índice de desviación de la precipitación mes por mes, debido a que hay escasa información acerca de los índices de precipitación en la zona de estudio.

Fase 7. Elaboración de un SIG para evaluar el nivel de amenaza por sequias meteorológicas. Con los resultados obtenidos de la fase anterior, se procedió a realizar el mapa con las intensidades estimadas mes por mes de cada estación, ya que es de vital importancia el componente espacial para la evaluación de esta amenaza. Por medio de la utilización del método de interpolación espacial IDW e implementando la herramienta de Spatial Analyst Tools del

software ArcGIS 10.3.

Esta herramienta de interpolación es considerada como un método de interpolación de tipo determinísticos por que se basan directamente con valores medidos circundantes o en fórmulas matemáticas que determinan la suavidad de la superficie resultantes (ESRI, 2016).

Fase 8. Análisis de resultados. Con base en los diferentes resultados obtenidos por medio del desarrollo de las diferentes actividades propuestas para el proyecto, se realizará el respectivo análisis con el fin de verificar el cumplimiento de los objetivos planteados y la viabilidad de la aplicación del mismo en el área de estudio.

Fase 9. Entrega del documento final. Para esta última fase, se dará a conocer los resultados, análisis, conclusiones y recomendaciones del desarrollo del proyecto, con el propósito de generar un aporte que permita la aplicación de este tipo de proyecto en zonas a nivel departamental vulnerables a este tipo de amenazas, para que de esta manera se pueda elaborar estrategias de mitigación y prevención desde la perspectiva ingenieril.

6. Plan de Trabajo

Tabla 10. Plan de Trabajo

7.1 Objetivo 1. Caracterizar geográfica y fisiográficamente el área de estudio, para determinar el estado actual de la misma

Para la obtención de los resultados para este objetivo se tomó como referencia el estudio realizado por el IGAC (2014) que se titula “Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras, departamento de Casanare. Escala 1:100.000”, identificando las características fisiográficas y geográficas del área de estudio.

7.1.1 Fisiográfica

7.1.1.1 Geología. El departamento de Casanare hace parte de una región bastante compleja a nivel tectónico, el cual se diferencia en dos grandes zonas con características geológicas: la primera, corresponde a la zona montañosa y está localizada al noroeste del departamento; y la segunda, corresponde al piedemonte y la zona plana, que comúnmente es denominada como los llanos orientales.

En la primera región afloran rocas sedimentarias con edades que van desde comienzos del Cretácico hasta el Cuaternario. La segunda región, que representa aproximadamente el 88% del área departamental, está conformada por el piedemonte y la zona de planicie y consiste de depósitos aluviales, aluviotorrenciales y fluvio-glaciares acumulados durante el Pleistoceno y el Holoceno, los cuales conforman abanicos, conos, terrazas y planicies, en los que se depositaron materiales eólicos posteriormente.

De acuerdo con la información anterior, en el aspecto geológico de la zona de estudio se realizó mediante una descripción litológica de las principales unidades de rocas que se presentan alrededor, como lo son:

a) Cretácico

- **Formación Fόμεque.** Está constituida por lodolitas grises intercaladas con margas, limolitas y lentejones de calizas, de color gris oscuro a negro; se presentan intercalaciones frecuentes de capas de pocos centímetros a 3 m de espesor de areniscas cuarzosas, micáceas, de grano fino, de color gris claro. Por sus características litológicas se deduce que estas rocas fueron depositadas en un ambiente de sedimentación marino de aguas someras y con circulación restringida. Sus afloramientos se localizan principalmente en pequeñas franjas alargadas en las divisorias del río Túa.

- **Formación Une.** Está constituida por tres conjuntos: un conjunto basal que consta de cuarzo

areniscas macizas de color blanco y de grano fino a medio; hacia la parte media, la arenisca se hace conglomerática, con guijos de cuarzo hasta de 1 cm de diámetro, en matriz arenosa; y hacia el tope se presenta arenisca arcillosa de color rojizo y grano fino a medio. El conjunto medio está constituido por lodolitas de color gris oscuro, con intercalaciones delgadas de arenisca cuarzosa, de tono rojizo, grano fino, bien sorteada y en estratos hasta de 1 m. Y un conjunto superior, formado por cuarzoarenisca de color blanco, de grano fino a medio, con guijos de cuarzo hasta de 5 cm de diámetro. El ambiente de sedimentación de la formación corresponde a un ámbito litoral con influencia deltaica, por lo cual se asemeja a la formación Fómeque conformando sobre las vertientes medias del río Túa.

b) Paleógeno

- **Formación Arcillas de El Limbo.** La formación está constituida por arcillolitas y lodolitas de color gris a gris verdoso, con intercalaciones de areniscas cuarzosas de color blanco amarillento, de grano medio a grueso, estratificadas en bancos de 1 a 5 m de espesor; y con presencia de mantos de carbón. De acuerdo con su secuencia estratigráfica, se interpreta que la formación fue depositada en un ambiente pantanoso a lagunar marino, afloran en formas de franjas alargadas en la parte alta de la cunca del Río Túa.

c) Cuaternario

- **Depósitos Coluvio-aluviales.** Corresponde a unidades de sedimentación que conforman conos coluvio-aluviales, terrazas y abanicos aluviales de piedemonte, los cuales están constituidos predominantemente por bloques y cantos de areniscas en matriz que varía desde arenosa hasta clastosoportada, a veces con intercalaciones lenticulares de arenitas y limolitas rojizas. Estos depósitos de origen coluvial, coluvio-aluvial, aluvial y/o aluvio-torrencial están bastante disectados y en algunos casos basculados por la tectónica activa de la región. Este tipo de sedimentación se encuentra en grandes proporciones sobre toda la finca La Ponderosa, principalmente sobre las riveras del caño El tigre y la quebrada Ranchería, como se ve reflejado en la figura 11



Figura 11. Depósito de abanico-terraza antiguo. Tomada por el Autor

- **Depósitos Aluviales.** Son acumulaciones aluviales del Pleistoceno y el Holoceno, que ocupan los valles trenzados y meandriformes de los ríos principales del Casanare, y la planicie aluvial heredada de los Llanos Orientales. Estos depósitos están constituidos por cantos bien seleccionados y redondeados, con tamaños de bloque hasta grava; capas de arenas de grano muy grueso; y materiales finos como limos y arcillas en las llanuras de inundación. Según SGC (2009) los depósitos más representativos de depósitos aluviales se encuentran en la zona de estudio del proyecto, como se puede ver reflejado en la figura 12

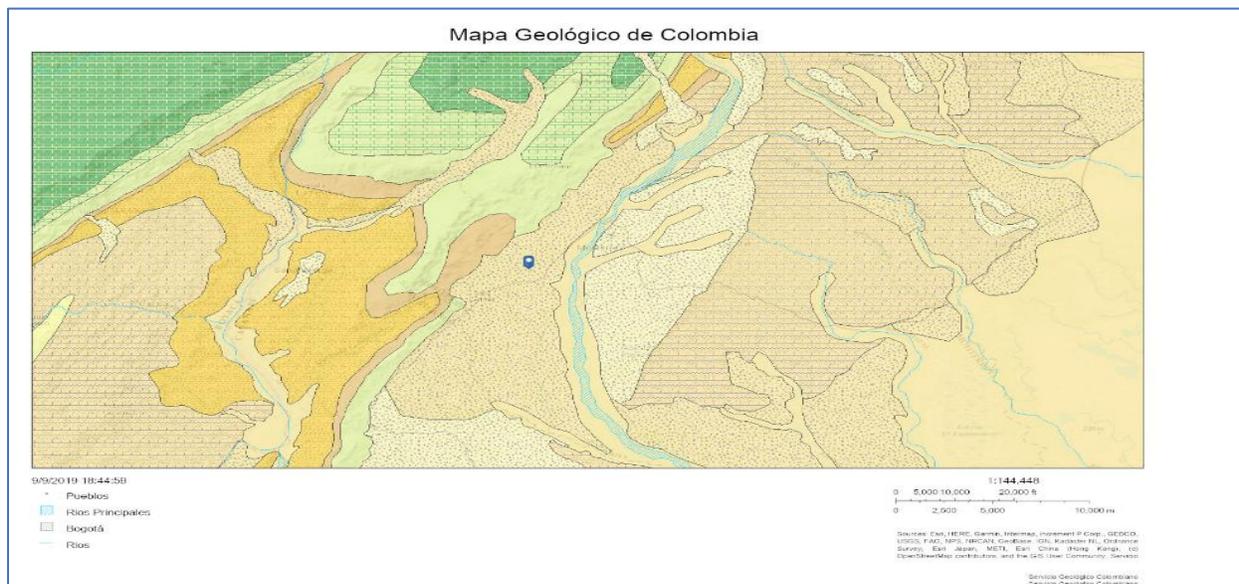


Figura 12. Mapa Geológico de la Zona de Estudio. Tomado de SGC (2005), modificado por Autor

d) Geomorfología

- **Geoestructuras.** En la actualidad el departamento de Casanare está dividido por dos grandes geoestructuras: la cordillera de los andes y la megacuenca de sedimentación de los llanos orientales. La zona de estudio se encuentra dentro de la geoestructura de cuenca de sedimentación, ya que está delimitada por dos vertientes que son el Caño El tigre y la quebrada Ranchería que hacen parte de la cuenca del Río Túa.

- **Paisaje Morfológico.** La finca la Ponderosa cuenta con un paisaje de piedemonte, el cual este se extiende al pie de la montaña, formada por la sedimentación de materiales transportados desde los terrenos más elevados hacia las zonas más bajas y abiertas. Comprende superficies planas de suave inclinación con pendientes entre el 3% y el 12%. Los depósitos de piedemonte en general constituyen el registro de los eventos aluviales y aluvio-torrenciales que descienden de la cordillera hacia la planicie de la Orinoquía.

d) Suelo. De acuerdo al estudio realizado por el IGA (2014) se identificaron componentes taxonómicos como *Typic Udorthents* y *Fluventic Dystrudepts* en la finca La Ponderosa. Estos suelos son derivados de materiales aluviales heterométricos con matriz gruesas. Son bien drenados, superficiales y muy superficiales ya que son limitados por mantos de fragmentos redondeados, con texturas moderadamente gruesas, de mineralogía cuarcítica. La zona de estudio cuenta con un relieve fuertemente inclinado con pendientes hasta un 12%, lo cual tiene una erosión ligera, con saturación de aluminio alta y muy baja fertilidad natural.

e) Pendientes. Mediante procesamiento SIG se calculó el valor de las pendientes (ver figura), en donde se puede observar que las tonalidades rojiza y naranja, reflejan rangos de pendientes entre 6 y 10, lo cual indican que son pendientes abruptas (Clasificación 4) a escarpadas (clasificación 5) siendo más susceptibles a movimientos de masa y arrastre de material (SGC, 2015), estas se localizan principalmente sobre las riveras del río el Tigre, la quebrada Ranchería. Las zonas que presentan menor grado de pendiente se localizan en el centro de la finca en donde se observan que las tonalidades verdes y amarilla, reflejan rangos de pendientes entre 0 y 6. Lo cual se caracteriza por ser relieve plano suavemente inclinado (ver figura 13).

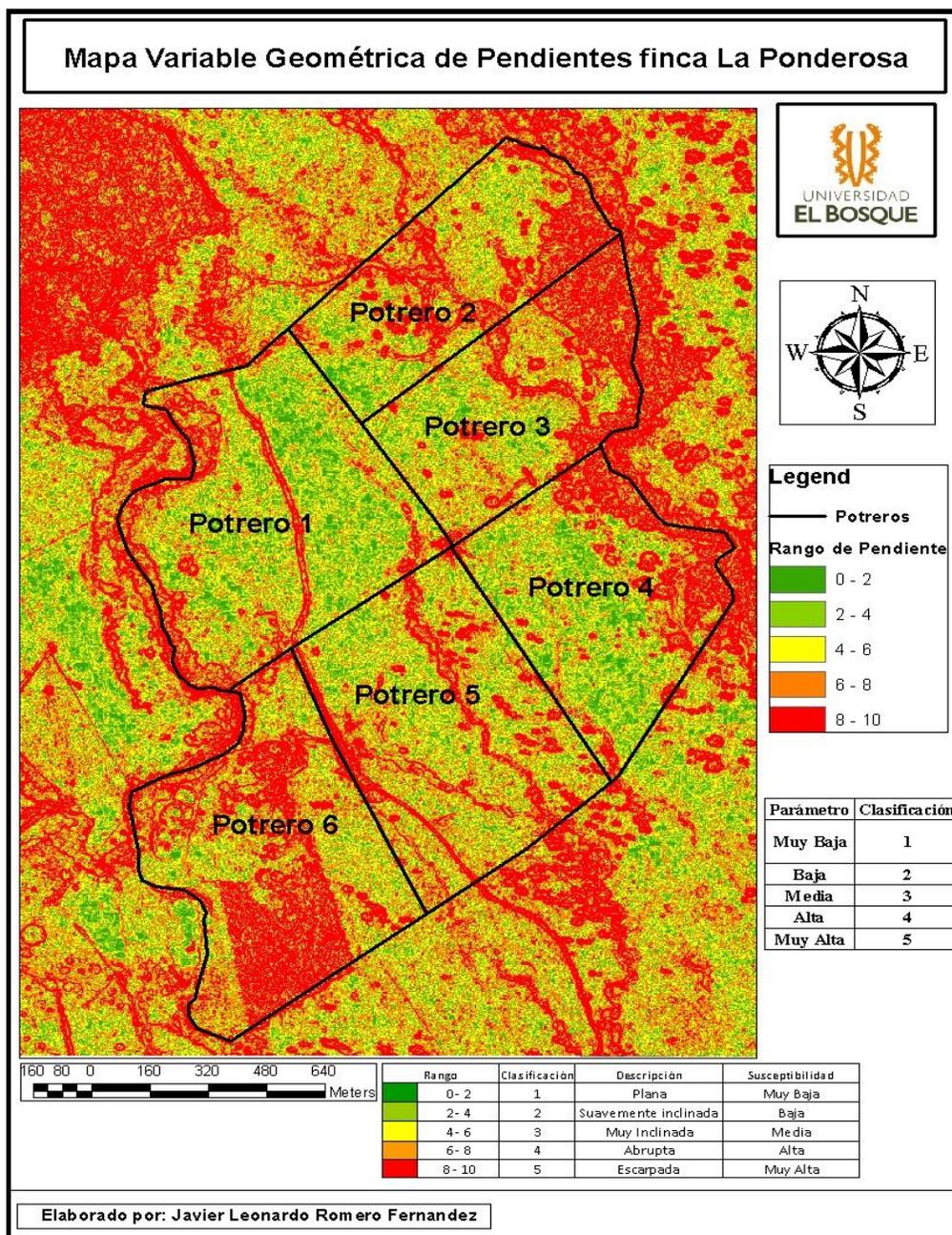


Figura 13. Mapa Variable Geométrica de Pendientes Finca La ponderosa.
Elaboración propia

Según la FAO (2000) la topografía de la zona se caracteriza principalmente por los ángulos de las pendientes, por su longitud y sus formas. Siendo un factor importante para poder determinar el nivel de erosión del suelo. Las pendientes largas generan una intensificación de la escorrentía, aumentando su volumen y disminuyendo la retención de humedad en el suelo, causando un tipo de erosión más seria.

7.1.2 Geográfica. El área representativa para este estudio fue la finca La Ponderosa, la cual se encuentra ubicada al Suroeste del municipio de Monterrey – Casanare, sobre el piedemonte llanero, en la vereda Tierra Grata a 11 kilómetros del casco urbano, en la coordenadas $4^{\circ} 51' 37.2366''$ de Latitud Norte y $-72^{\circ} 56' 12.3246''$ de Longitud Oeste, cuenta con una extensión de 733.000 m², donde limita en dirección Norte con la finca el Portal, en dirección Sur y occidente con la finca Venecia y en dirección Este con la finca las Palmeras. La finca se encuentra dividida en seis potreros que son utilizados netamente para la actividad ganadera, como se puede ver reflejada en la figura 14

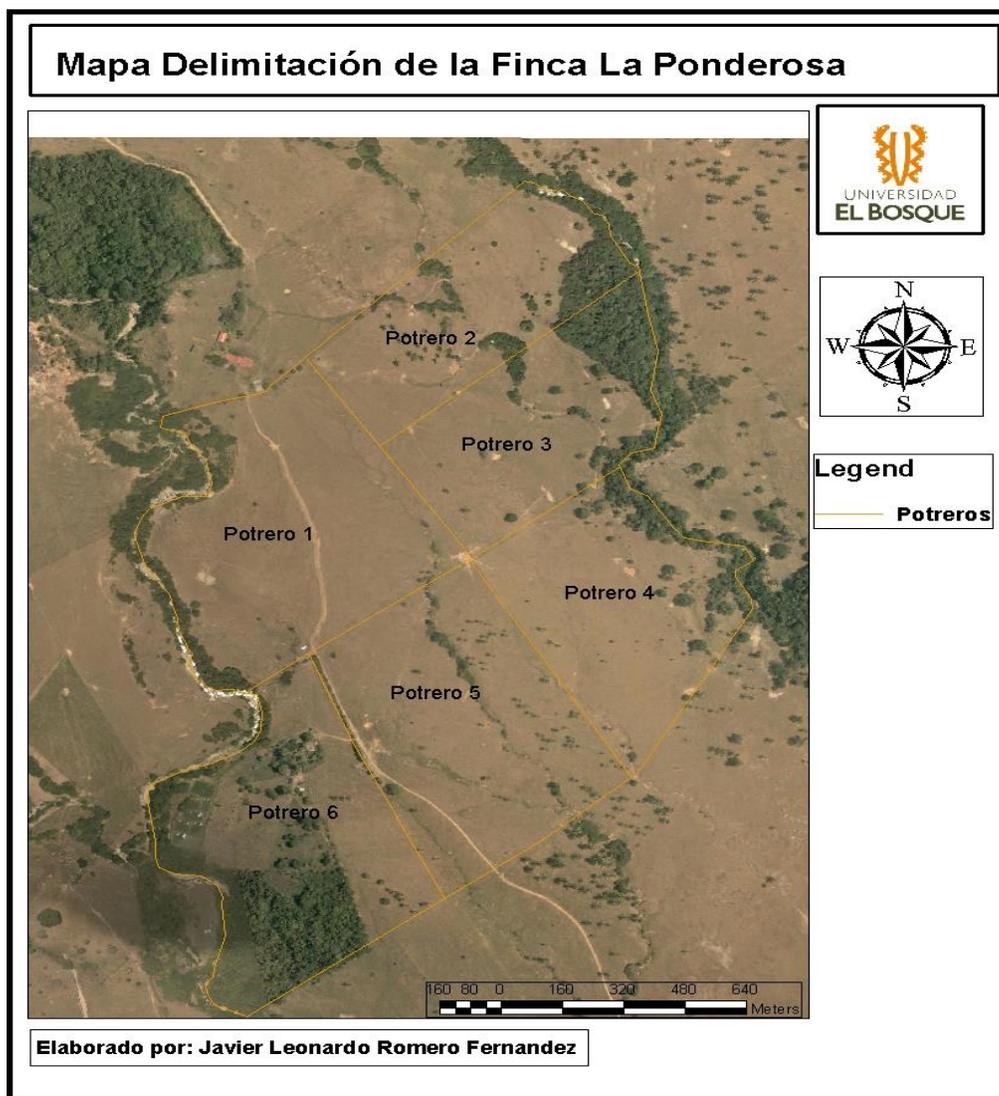


Figura 14. Finca La Ponderosa. Elaboración propia

La finca La ponderosa está limitada por dos ríos, que son el caño El Tigre que se encuentra ubicado al oeste y la Quebrada Ranchería al este de la finca. Estas dos vertientes pertenecen a la cuenca del Río Túa.



Figura 15. Caño El Tigre. Tomada por el Autor

El Caño El tigre está conectado con los potreros 1 y 6 de la finca, el cual es utilizado como bebedero para los animales de tipo bovino que se encuentran en esta área. Por otra parte, el propietario de la finca La Ponderosa, el señor Julio Vaca comenta que

Este caño solía ser más caudaloso y grande pero debido a los fuertes veranos que hubo desde los meses de enero a abril del presente año, no se recuperó como los esperaba, debido a esto no pude obtener el agua para un cultivo de peces, lo cual me generaba otra entrada económica aparte de la ceba de ganado (Vaca, 2018)

De acuerdo con el anterior comentario y la visita de campo realizada, se pudo ver reflejado el impacto generado por el fenómeno de sequía por medio de sus altas temperaturas, generando una reducción considerablemente las fuentes hídricas y por ende afectando los suelos de la finca La Ponderosa.

Por otro lado, la quebrada Ranchería se encuentra ubicada al Este de la finca en donde está conectada con los potreros 2,3 y 4, de la misma forma que el caño El Tigre es utilizado como

bebedero para los animales de tipo bovino y equino. Por medio de la visita de campo se pudo visualizar que este río cuenta con una gran extensión de bosque de galería sobre las riveras del río, como se puede ver reflejado en la figura 16

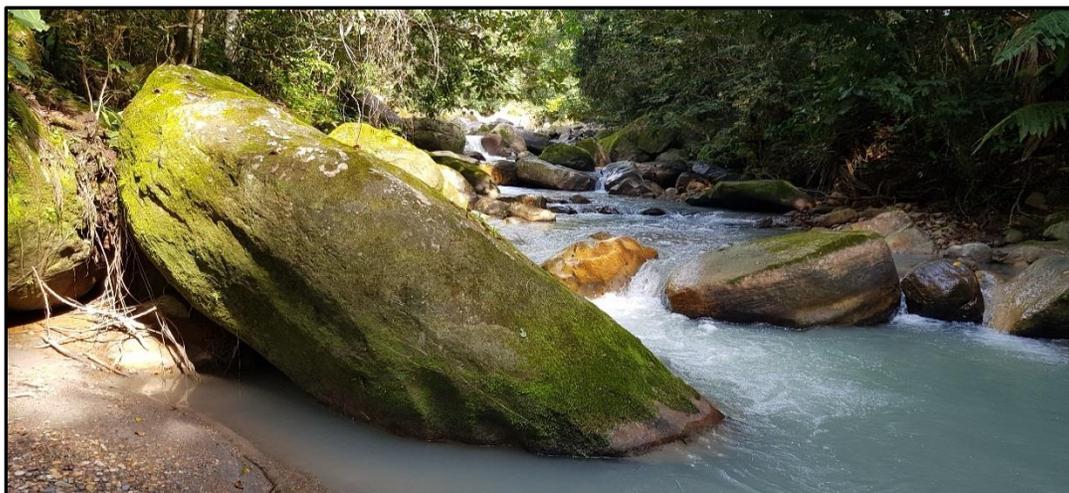


Figura 16. Quebrada Ranchería. Tomada por el Autor

Por otra parte, los potreros de la Finca La ponderosa son divididos por una quebrada que nace del Río el tigre, en donde se pudo identificar que ésta quebrada produce un arrastre de material de los potreros causando un efecto en la forma del terreno, generando formación de relieves moderadamente inclinados. También se pudo identificar que sobre esta quebrada habita una gran extensión de palma criolla, que es originaria de esta zona (ver figura 17).

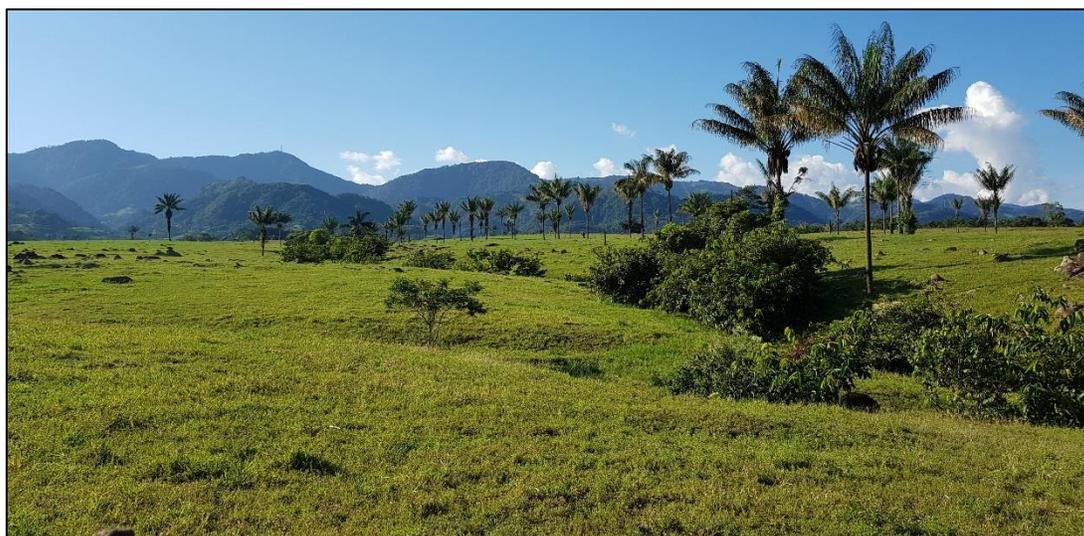


Figura 17. Forma de relieve del terreno finca La Ponderosa. Elaboración propia

7.2 Objetivo 2. Evaluar el estado actual del suelo, para seleccionar indicadores relacionados con el impacto de sequía.

De acuerdo a la clasificación que se realizó para cada una de las muestras de suelo obtenidas de cada potrero en la finca La Ponderosa, se realizó un análisis convencional de suelos en donde se determinaba el pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónica efectiva, saturación de humedad media, carbono orgánico, materia orgánica, nitrógeno total, DENSIDAD APARENTE, acidez intercambiable, saturación de aluminio y determinación de textura. Los resultados se obtuvieron a través de los laboratorios AGRILAB, el cual están representados en las siguientes tablas:

Tabla 11. Resultados análisis de muestras de suelo, finca La Ponderosa.

Variable	Resultados					Unidades
	Potrero 1			Potrero 2	Potrero 3	
	Muestra 1	Muestra 2	Promedio	Muestra 1	Muestra 1	
pH	4,59	4,46	4,53	4,62	4,52	pH_unit
Conductividad Eléctrica (CE)	0,10	0,11	0,11	0,10	0,11	dS/m
Capacidad Intercambio Catiónico Efectiva (CICE)	4,03	3,86	3,95	4,14	3,98	Meq/100g
Saturación de Humedad	19,00	16,50	17,75	17,20	16,20	%
Carbono Orgánico Oxidable	0,71	0,93	0,82	0,68	0,66	%
Materia Orgánica (MO)	1,22	1,60	1,41	1,17	1,14	%
Nitrógeno Total	0,06	0,08	0,07	0,06	0,06	%
Saturación de Aluminio	50,60	53,90	52,25	64,00	55,30	Calculo
Acides Intercambiable	183,00	187,00	185,00	239,00	198,00	Sln. KCl 1N / Volumétrico / NTC 5263
Densidad Aparente (d.a)	1,57	1,54	1,56	1,58	1,59	g/cm ³
Determinación de Textura						
Arcilla	14	16	15	14	16	%
Arena	84	82	83	82	82	%
Limo	2	2	2	4	2	%
Textura	Franco arenoso			Franco arenoso	Franco arenoso	

Nota: Elaboración propia con datos obtenidos de Laboratorios Agrilab (2019)

Tabla 12. Resultados análisis de muestras de suelo potreros 1, 2 y 3, finca La Ponderosa. Obtenidos de Laboratorios AGRILAB, 2019.

Variable	Resultados									Unidades
	Potrero 4			Potrero 5			Potrero 6			
	Muestra 1	Muestra 2	Promedio	Muestra 1	Muestra 2	Promedio	Muestra 1	Muestra 2	Promedio	
pH	4,58	4,57	4,58	4,69	4,68	4,69	4,67	4,64	4,66	pH_unit
Conductividad Eléctrica (CE)	0,09	0,16	0,13	0,08	0,19	0,14	0,19	0,15	0,17	dS/m
Capacidad Intercambio Catiónico Efectiva (CICE)	4,43	4,50	4,47	4,40	4,32	4,36	3,84	3,75	3,80	Meq/100g
Saturación de Humedad	19,50	19,10	19,30	20,20	21,10	20,65	19,20	20,00	19,60	%
Carbono Orgánico Oxidable	0,81	0,76	0,79	0,97	0,83	0,90	0,96	1,23	1,10	%
Materia Orgánica (MO)	1,40	1,31	1,36	1,67	1,44	1,56	1,66	2,12	1,89	%
Nitrógeno Total	0,07	0,06	0,07	0,08	0,07	0,08	0,08	0,10	0,09	%
Saturación de Aluminio	54,20	56,20	55,20	60,20	61,10	60,65	54,90	60,50	57,70	Calculo
Acides Intercambiable	216,00	228,00	222,00	238,00	237,00	237,50	190,00	204,00	197,00	Sln. KCl 1N / Volumétrico / NTC 5263
Densidad Aparente (d.a)	1,54	1,57	1,56	1,53	1,55	1,54	1,52	1,42	1,47	g/cm ³
Arcilla	12	18	15	14	14	14	12	10	11	%
Arena	82	80	81	84	80	82	82	80	81	%
Limo	6	2	4	2	6	4	6	10	8	%
Textura	Franco arenoso			Franco arenoso			Franco arenoso			

Nota: Elaboración propia

a) **pH.** De acuerdo con los resultados obtenidos, los suelos de la finca La ponderosa presentan texturas Franco arenosas con valores de pH que oscilan entre 4,4 y 4,6. Lo que según Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993) posee una clasificación de “suelo extremadamente ácido” esta acidez se explica debido a la génesis de estos, determinada por la mineralogía de la fracción arena dominada por el cuarzo y de la fracción arcilla (Peña, Rubiano, Peña & Chavez, 2009). De igual forma Jaramillo (2002), manifiesta que los suelos con pH <4,5 predomina las formas de aluminio intercambiable del Al³⁺, también en éste es apreciable el contenido y solubilidad de iones como H₃O⁺ y de Mn²⁺, por lo cual este suelo tiene altas probabilidades de que se presenten toxicidad, debido a que los procesos de amoníaco a nitrato son muy lentos, causando deficiencia en la disponibilidad nitrógeno del suelo.

b) **Conductividad eléctrica.** El concepto de esta variable se define según Intagli (2017) “La CE mide la capacidad del suelo para conducir la corriente eléctrica por medio al aprovechar propiedad de las sales, el cual mide la concentración de sales solubles presentes en la solución del suelo” (p.1). De tal forma, de acuerdo con la tabla 11 y 12, los resultados de los análisis de

suelo de cada potrero en cuanto a la conductividad eléctrica el valor promedio fue de 0,1 ds/m, lo cual indica que estos suelos son clasificados no salinos, según la clasificación de suelos adaptada por Van y Van (1994). Una CE baja facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en el cultivo (Barbaro, Karlanian, Mata, 2014).

c) Capacidad de intercambio catiónico efectiva. Esta variable la define La FAO “como una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH₄ etc)” (FAO, 2016). de tal forma los resultados de los análisis de las muestras de suelo de cada potreros los valores de CICE oscilan entre 3,6 y 4.6 Meq/100g, el cual según con la clasificación que se encuentra en el documento Intagri (2015) indica que el tipo de arcilla que predomina en estos suelos es la caolinita ya que se encuentran en un rango de 3-15 meq/100g, por lo tanto, demuestra que los suelos de la finca la Ponderosa, tiene una baja cantidad de cargas negativas debido a la escasa materia orgánica y a la presencia de arcillas de relación 1:1, como lo es la caolinita (Ramirez, 1997).

d) Saturación de humedad. La humedad del suelo está referida a la cantidad de agua disponible en el suelo, dicho contenido puede variar de acuerdo al tipo de arcilla y el porcentaje de materia orgánica que se encuentre en el suelo, ya que entre mayor cantidad de arcilla y materia orgánica este suelo tendrá más capacidad de retención de agua (Duran, A, 2000). De tal forma, esta variable refleja la máxima cantidad de agua que el suelo puede retener contra la fuerza de la gravedad. De acuerdo con los resultados de saturación de humedad de cada potrero presentados en la tabla 11 y 12, se pudo identificar que los potreros 4, 5 y 6 presentaron mayor porcentaje ya que sus valores varían en un 19% hasta un 20%, en relación con los potreros 1, 2 y 3 que sus valores oscilan entre 16 % hasta 17%. Según Israelsen, y Hansen (1979) adaptaron los valores promedios para identificar el agua disponible del suelo, en relación con la textura, Capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

e) Carbono orgánico oxidable. Según FAO and ITPS (2018) el carbono orgánico del suelo es el que permanece en el suelo después de la composición parcial de cualquier material producido por organismos vivos, el cual es el principal elemento del ciclo del carbono. Los suelos representan el mayor reservorio de carbono orgánico terrestre. A través de los años, el secuestro de carbono en los suelos se ha convertido en una estrategia para mitigar los efectos de

calentamiento de la atmosfera, además de ser un medio adicional para frenar procesos de degradación de los suelos (Hontora, Rodriguez & Saa, 2004).

Díaz Romeu et al (1970), citado en Hontora, Rodriguez y Saa (2004) clasificó unos rangos críticos de esta variable en relación con el contenido de materia orgánica del suelo y contenido de carbono, “la clasificación de carbono nivele muy bajos (<2), Bajos (1.2 a 2.9), Medios (2,9 a 4.6), Altos (4.6 a 8.7) y muy altos (>7.8)”.

A raíz de la clasificación anterior, los resultados obtenidos reflejados en la tabla 11 y 12 de carbono orgánico, indican que el porcentaje de esta variable es muy baja en el suelo de toda la zona de estudio. Los valores más bajos se identificaron en los potreros 1,2 y 3 el cual oscilan entre 0.662% y 0.818%, en comparación con los valores de los potreros 4,5 y 6 que varían entre 0,786% y 1.097%. Una de las causas que puede generar estos porcentajes tan bajos de carbono orgánico en el suelo, son las altas temperaturas que se generan en estas zonas lo cual incrementan la descomposición y mineralización de la materia orgánica del suelo, reduciendo el contenido de carbono orgánico. Existe una alta correlación entre el contenido de carbono orgánico y la retención de agua, por tanto, su degradación parece ser el factor más importante en el proceso de reducción de la retención de humedad en el suelo

f) **Materia Orgánica.** Rodríguez (2014), la define como

La materia orgánica está formada por restos orgánicos aquellos materiales identificables como la parte total o parcialmente alteradas de la biomasa (Plantas, animales y microorganismos); representa los grupos de descomposición o los productos de la actividad vital (metabolismo y síntesis) de la población viva (p.43).

Por su parte, Labrador (1996), citado en Rodríguez (2014) clasifica los porcentajes de materia orgánica del suelo en climas cálidos, según “la clasificación indica a climas cálidos, porcentajes de materia orgánica (<2) son bajos, (2-3) son medio y (>3) son altos” (p.49). A raíz de esta clasificación los resultados de los análisis de las muestras de suelos indicaron que en general el porcentaje de materia orgánica, los valores oscilaron entre 1.14% y 1.89% indicando que sus niveles de materia orgánica son muy bajos.

g) **Nitrógeno Total.** El nitrógeno del suelo es uno de los elementos de mayor importancia para la nutrición de las plantas y más ampliamente distribuido en la naturaleza. Se asimila por

las plantas en forma catiónica de amonio NH_4^+ o aniónica de nitrato NO_3^- (FAO). Pellegrini, (2017) en su estudio de Nitrógeno, presenta una escala orientativa de clasificación del de N total (%) en donde indica que “los valores (<0,075) muy deficiente, (0,075 a 0,124) Deficiente, (0,125 a 0,149) Moderadamente deficiente, (0,150 a 0,199) Moderadamente provisto, (0,200 a 0,299) Bien provisto y (> 0,300) muy bien provisto” (p.52). De acuerdo con esta clasificación, se pudo identificar que los resultados presentados en la tabla 11, presentan porcentajes deficientes en el contenido de Nitrógeno total.

h) Saturación de Aluminio. Según Bernier y Alfaro (2006):

El aluminio intercambiable presente en la solución del suelo el cual es reconocido como uno de los principales factores en el desarrollo de la acidez del suelo. Los Iones Al^{3+} son desplazados desde las arcillas por otros cationes que se hidrolizan para formar complejos hidroxialumínicos (p.33)

Debido a esto Sanchez & Salinas (1983) propusieron una clasificaron de “niveles críticos de saturación de aluminio intercambiable, el cual <40% es bajo, entre 40% y 60% es medio, entre 60% – 80% es alto y >80% es muy alto” (p.65)

Por lo tanto, de acuerdo con la tabla 11, los resultados obtenidos de saturación de aluminio en las muestras de suelo para los potreros 1, 3, 4 y 6 presentaron valores mayores a un 50% lo que indica que el nivel de saturación de aluminio es medio y para los potreros 2 y 5 presentaron valores >60% lo cual indica que el nivel es muy alto.

i) Acidez intercambiable. Según Jaramillo (2002)

Es la acidez que está asociada al Al^{3+} , $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ y al $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ y se establece determinando la cantidad de aluminio intercambiable que tiene el suelo al lavarlo con una solución de KCl 1N, el cual este tipo de acidez es las más importante en suelos que tienen $\text{pH} < 5.5$, ya que a partir de este valor empieza a aumentar la solubilidad del aluminio de forma exponencial (p.66)

De acuerdo a lo anterior, con los resultados de los análisis obtenidos de las muestras de suelos de cada potrero, se pudo corroborar que los valores de acidez intercambiable son altos debido a

que el pH del suelo de la zona de estudio oscila entre 4.4 y 4.5.

j) Densidad Aparente. Según Ramirez (1997), este indicador es:

La relación entre la masa y el volumen del suelo, en este volumen se considera todo el espacio poroso existente, el cual permite conocer las condiciones en las cuales se encuentra el suelo, con respecto a la compactación, porosidad, la disponibilidad de agua y de oxígeno (p.33)

De acuerdo con la tabla 11 los resultados de las muestras generalmente presentaron una densidad aparente de 1,5 g/cm³, lo cual indica que la compactación de este suelo está en su rango normal, ya que según Duchaufour (1965), citado en Ramírez (1997) “el suelo empieza a tener problemas de compactación cuando los valores son superiores a 1.6 g/ cm³, a medida que aumenta la densidad aparente disminuye la porosidad total, el cual afecta la disponibilidad de oxígeno y agua” (p.72)

k) Textura: Según el documento Introducción a la Ciencia del Suelo, se define como

La textura como aquella propiedad que establece las cantidades relativas en que se encuentran las partículas de diámetro menor a 2 mm, es decir, la tierra fina, en el suelo; estas partículas, llamadas separados, se agrupan en tres clases, por tamaños: Arena (A), Limo (L) y Arcilla (Ar)” (Jaramillo, 2002,p.71).

De acuerdo a lo anterior, los resultados de los análisis del suelo de la finca La ponderosa, se identifica que tipo de suelo que predomina en dicha ubicación es franco arenoso, debido a que en promedio tiene un 14% de arcilla, 82% de arena y un 4% de limo. Por lo tanto, este tipo de suelo suele tener una alta permeabilidad a comparación con otros suelos, debido al gran porcentaje de arena que contiene siendo de una textura gruesa.

7.3 Objetivo 3. Determinar las zonas con mayor y/o menor susceptibilidad por sequía, mediante la elaboración de un SIG en el área a investigar, identificando las zonas aprovechables conforme a la capacidad de uso del suelo.

De acuerdo a la información mes por mes de la precipitación de las cinco estaciones meteorológicas, se les aplico el IDP, tomando como la precipitación normal del periodo (PN) la precipitación de cada mes, para la precipitación total del periodo (P) el promedio normal de todo el año de la precipitación. El cual los resultados obtenidos se presentan en la tabla 12:

Tabla 13. Resultados IDP mensual de cada estación meteorológica en el departamento de Casanare.

Meses	IDP Sabanalarga (Reventora) (%)	IDP Yopal (Aeropuerto) (%)	IDP Yopal (El Morro) (%)	IDP Sacama (Pte. Quemado) (%)	IDP Chameza (%)
Enero	-91,84	-98,31	-97,50	-92,08	-93,07
Febrero	-87,41	-86,73	-87,13	-88,92	-91,58
Marzo	-88,52	-77,69	-79,26	-63,81	-80,85
Abril	-48,40	-19,24	-31,53	-53,64	-49,08
Mayo	-23,92	-4,56	-10,26	-5,69	-17,17
Junio	-9,26	-17,55	-7,40	-11,57	3,88
Julio	-0,40	-19,81	-18,66	-3,88	-10,38
Agosto	-10,78	-21,22	-13,48	-5,46	-22,06
Septiembre	-19,36	-21,79	-23,31	-48,21	-25,05
Octubre	-30,42	-33,08	-27,60	-28,53	-26,54
Noviembre	-54,63	-56,52	-61,03	-61,55	-54,65
Diciembre	-85,06	-93,51	-92,85	-86,66	-83,43

Nota: Elaborada por el Autor

Los resultados obtenidos en la tabla 12, determinan que en los meses de diciembre enero, febrero, marzo y diciembre se registró un déficit mayor del -45%, el cual se califica como un tipo de sequía severa para cada una de las cinco estaciones. Para el mes de abril varía los porcentajes, ya que en las estaciones de Sabanalarga tiene un déficit de -4.8%, la estación de Sácama un déficit de -53% y en la estación de Sácama tiene un déficit de -49%, el cual se clasifican como un tipo de sequía severa, Para las estaciones de Yopal (aeropuerto) y (El Morro) el déficit varía entre - 19 y -31% indicando que para este mes el tipo de sequía débil y moderada. Para los meses junio, julio, agosto, septiembre y octubre los resultados del déficit son bajos para cada estación, el cual se puede identificar que en este tiempo no se ve reflejada un tipo de sequía débil a nula y para el mes de noviembre el déficit que presentaron en cada estación los valores que oscila entre -54% y -61%, indicando que su calificación para este mes su tipo de sequía es severa.

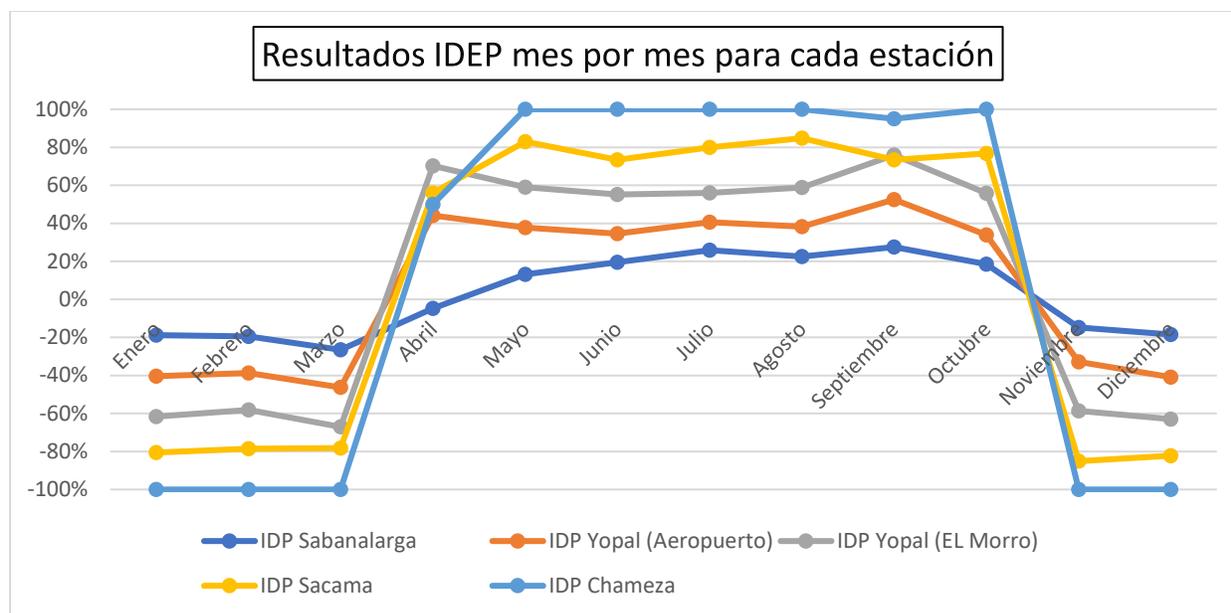


Figura 18. Resultados IDEP mes por mes de cada estación meteorológica. Elaboración propia

Según el estudio realizado por IGAC (2014) las variaciones climáticas que se generan en el país son debido a variaciones altitudinales y no por estaciones. Al igual que los vientos y las zonas de convergencia, ocasionan que en el departamento de Casanare haya una sola estación lluviosa en todo el año, entre los meses de abril y octubre. Por lo cual se dice que Casanare tiene un régimen de lluvias monomodal. Entre los meses noviembre y marzo se presentan la época seca en el departamento, por lo que se pudo ver reflejado claramente en el déficit de cada mes según la figura 19

El factor clima influye de manera exponencial en el proceso de descomposición y mineralización de los materiales orgánicos a medida que aumenta la temperatura, resultando bajas concentraciones de carbono orgánico en el suelo. La precipitación genera un efecto importante en el suelo, mediante alteraciones (meteorización de los materiales) y el lavado del suelo de algunos elementos (calcio, magnesio, potasio, sodio), a raíz del tipo de relieve que se presenta en la zona influyendo en los procesos de desarrollo de los suelos, ya que dependiendo el nivel de pendientes que se presenta en la zona, genera pérdida de materiales por efectos erosivo.

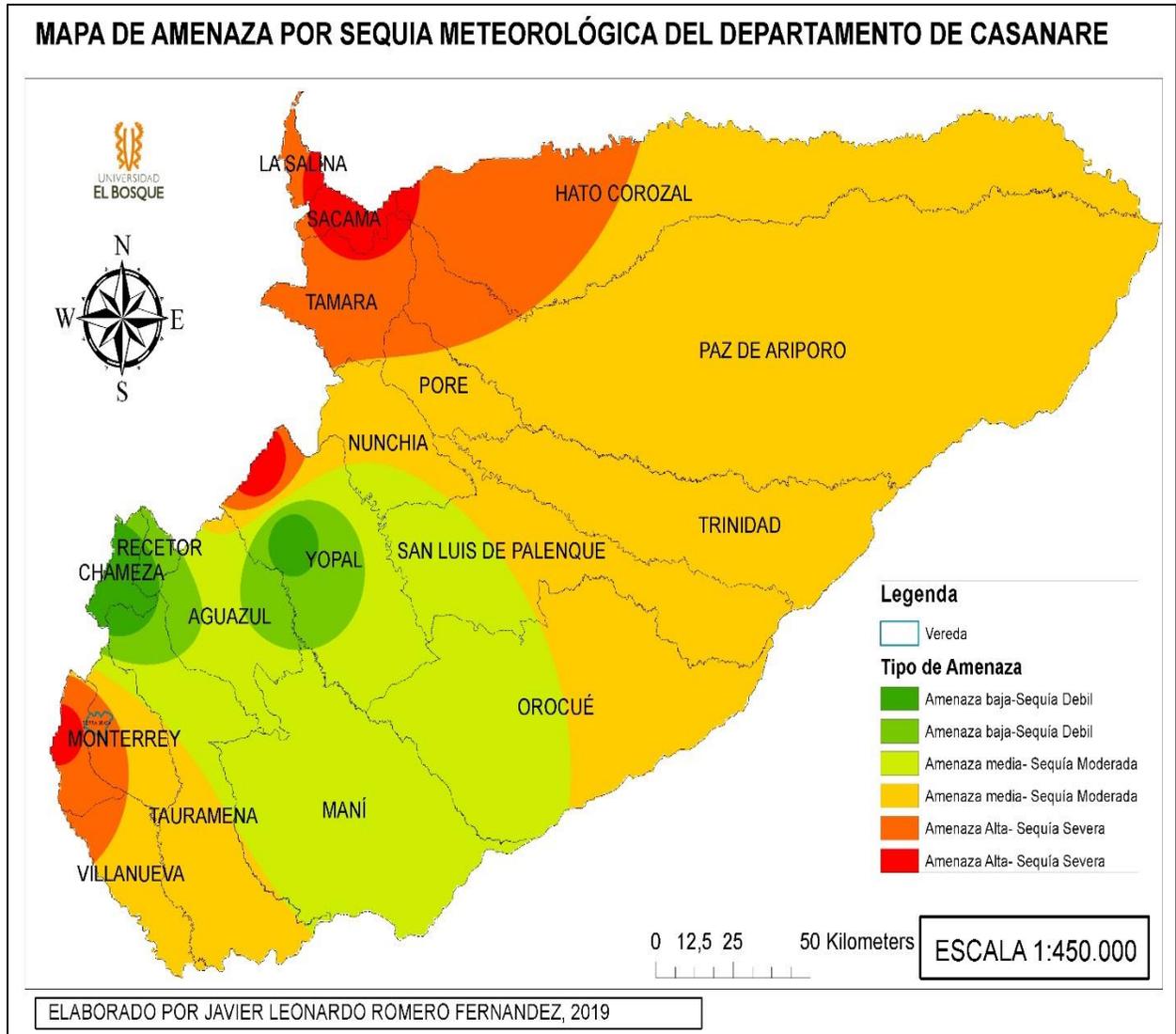


Figura 19. Mapa de Amenaza por Sequía Meteorológica en el Municipio de Monterrey – Vereda Tierra Grata. Elaboración propia

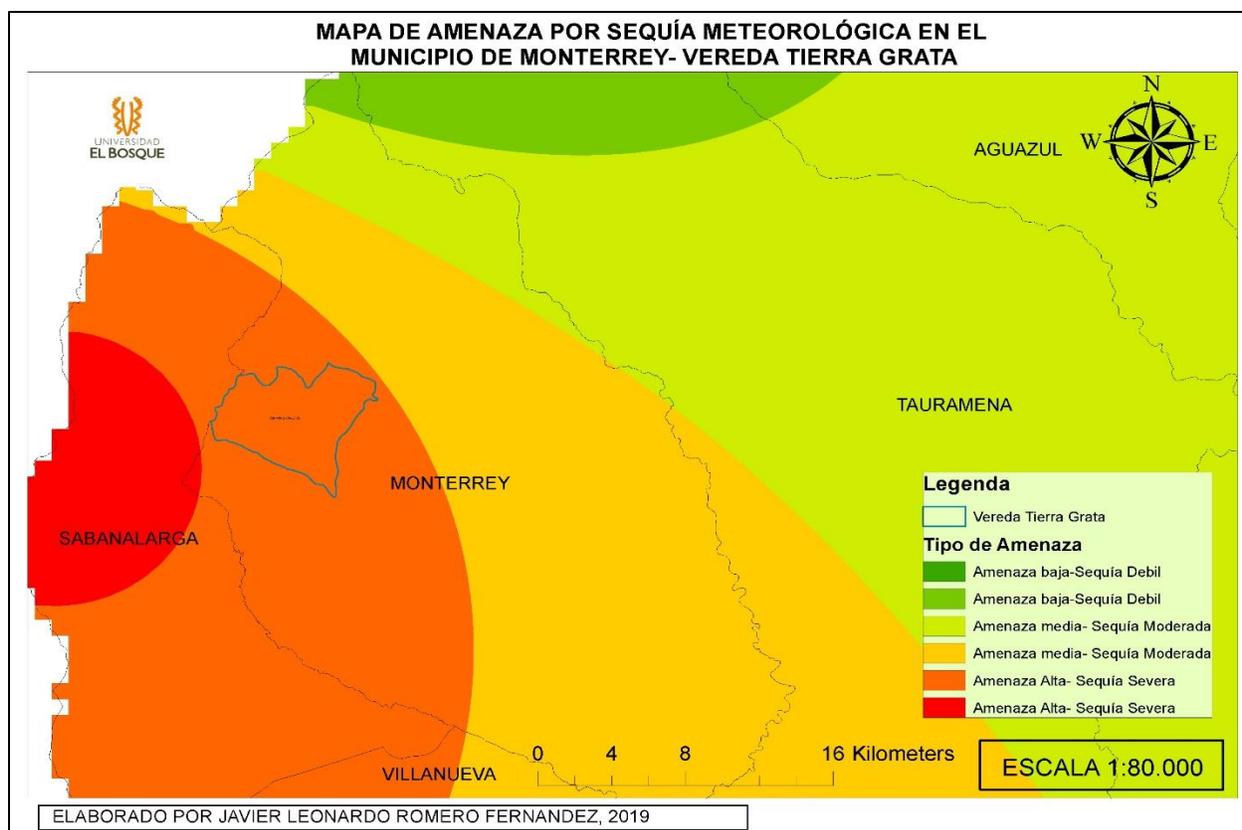


Figura 20. Mapa de Amenaza por Sequía Meteorológica en el Municipio de Monterrey – Vereda Tierra Grata. Elaboración propia

Según el mapa de amenaza sequías meteorológicas se pudo identificar que la zona de estudio presenta una amenaza alta el cual resulta siendo un factor muy importante para las condiciones del suelo en la finca La ponderosa.

A raíz de los resultados, el pH, es una característica importante que presentan estos suelos, ya que a mayor pendiente estos suelos se presenta un incremento de acidez ya que se reduce el pH, disminuyendo la capacidad de intercambio catiónico efectiva, lo cual tiene implicaciones considerables en la fertilidad del suelo, reduciendo su capacidad de retención de humedad y menos participación de bases intercambiables (calcio, Magnesio y potasio) ya que se pierden por fácil lavado (Saneghian, 2016).

8. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en la caracterización geográfica y fisiográfica se logró determinar el estado actual de los aspectos económico y ambiental de la finca La ponderosa. En relación con lo anterior se pudo determinar que las actividades que se desarrollan en esta zona son limitadas por la acción del clima, ya que las fuertes sequías que se generan en los meses de noviembre a marzo limitan la capacidad de uso del suelo.

El componente edáfico del suelo de la finca La Ponderosa, según su clasificación taxonómica y los análisis físico-químicos realizados, presenta características que limitan la capacidad de uso y manejo de estas tierras, debido a los niveles bajos de fertilidad, pobreza en contenidos de materia orgánica, presencia de altos contenidos de aluminio al punto de ser toxico, relieves disectados, suelos con drenaje pobre, con texturas arenosas y con afloramiento de rocas, siendo estos terrenos susceptibles a la erosión y deficiencia en la retención de humedad en las zonas con mayor pendiente de la finca

Los suelos cercanos al río el Tigre y Quebrada Ranchería contiene texturas gruesas lo cual indica que estos suelos no son susceptibles a la sequía ya que tienen una mayor retención de humedad, a raíz de los anterior por medio de los análisis físico- químicos se logró identificar que los suelos de los potreros 1,2 y 3 en comparación con los potreros 4,5 y 6, las concentraciones de aluminio son mayores, el contenido de materia orgánica, retención de humedad y pH disminuyen debido al aumento de pendiente que se genera en esta zona, generando una intensificación de la escorrentía y aumento de su volumen, causando una erosión más acelerada.

La aplicación de la metodología para evaluar las sequías meteorológicas permitió identificar que la zona de estudio presenta un nivel de amenaza alta, de acuerdo a esto las zonas más susceptibles a erodabilidad están ubicadas en los potreros 1 y 2 debido a que son las que presentan mayor pendiente y menor porcentaje de saturación ya que según su textura son más propensas a la erosión debido a su alta permeabilidad.

9. Recomendaciones

Realizar estudios relacionados con la evaluación de amenazas por sequías meteorológicas en

la región estudiada en los meses de noviembre a marzo, para determinar en qué condiciones físico-químicas se encuentra el suelo, ya que con base al régimen de lluvias monomodal es la temporada seca del año

Efectuar el cálculo IDP de los últimos veinte años que permita identificar el aumento de la intensidad de la amenaza de sequías meteorológicas en esta zona.

De acuerdo con el tipo de topografía que se presenta en la finca La Ponderosa, se recomienda que en las zonas con mayor pendiente establecer algún tipo de agroforestería, debido a que este tipo de cultivos son resistentes al contenido de aluminio que se presenta en la zona.

Referencias Bibliográficas

Alcaldía Municipal de Monterrey. (2017). *Aspectos del Municipio*. Obtenido de <http://monterreycasanare.micolombiadigital.gov.co/municipio/nuestro-municipio>

- Barbaro, L ; Karlanian, M ; Mata, D. (2014). *Importancia del pH y la Conductividad Electrica (CE) en los Sutratos para las Plantas*. México: INTA.
- Bernier, R & Alfaro, M. (2006). *Acidez de los suelos y efecto del encalado*. Osorno, Chile: Dirección Nacional del Instituto de Investigaciones Agropecuarias del Ministerio de Agricultura.
- Cardona, O. (1993). *Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo*. Obtenido de http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap3.htm?fbclid=IwAR1jwI RQ2H1kTkH8sI2IDoA3h0DtBAU6LnOLO9nx2-j92S53j_DMx2vPSP4
- CDGRD. (2012). *Consejo Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres . Plan Departamental de Gestion del Riesgo de Desastres*. Yopal,Casanare.
- Ceelat. (2013). *Descertificación en suelos* . Obtenido de <http://ceelat.org/mapas/degradacion-de-suelos-y-desertificacion-en-colombia/>
- Censat. (Enero de 2014). Recuperado el 05 de Junio de 2019, de <https://censat.org/es/noticias/responsabilidad-por-la-sequia-en-el-casanare>
- Constitución Política de Colombia. (1991). Bogotá: Presidencia de la República.
- Decreto 1076. (2015). *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Decreto 2811. (1974). *Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Bogotá: Congreso de la República de Colombia .
- Duran, A. (2000). *Propiedades hidricas de los suelos*. Buenos Aires: Mc Graw Hill.
- ESRI. (2016). *Environmental Systems Research Institute. ArcMap*. Obtenido de <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm#GUID-08AA4C59-A05E-4F9F-A18D-E30B36C7523A>
- FAO. (1997). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo* . México: Boletín de Suelos de la FAO .
- FAO. (2000). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura . Los principales factores ambientales y de suelos que influyen sobre la productividad y el manejo* . Manual on integrated soil management and conservation practices.

- FAO. (2016). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Acidificación del suelo*. Bogotá.
- FAO. (2019). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Portal de Suelos de la FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/>
- FAO and ITPS. (2018). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Global Soil Organic Carbon Map - GSOCmap*. Rome, Italy.
- Gutierrez, M., Baca, M., Rosales, M., Bonilla, G., Espinales, E., Martínez, O., . . . Rodríguez, I. (2005). *SEQUÍA METEOROLÓGICA*. Managua, Nicaragua: INETER y COSUDE.
- Hidalgo, P. (2009). *Vulnerabilidad territorial*. España: Anales Geografía.
- Hontora, C; Rodriguez, J & Saa, A. (2004). *Contenido de carbono orgánico en el suelo y factores de control en la España Peninsular*. Madrid: Trillas editores.
- IDEAM. (2012). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Sequía meteorológica y sequía agrícola en Colombia: incidencia y tendencias*. Bogotá: Subdirección de Meteorología.
- IGAC. (2015). *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*. Obtenido de <https://noticias.igac.gov.co/es/contenido/casi-la-mitad-del-casanare-cuenta-con-suelos-afectados-por-la-ganaderia-la-agricultura-y>
- IGAC. (2014). *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras Departamento de Casanare Escala 1:100.000*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia S.A.
- INETER. (2005). *Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Recomendaciones técnicas para la elaboración de mapas de amenazas por sequía meteorológica*. Managua, Nicaragua.
- Intagri. (2017). *La Conductividad Eléctrica del Suelo en el Desarrollo de los Cultivos*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-conductividad-electrica-del-suelo-en-el-desarrollo-de-los-cultivos>
- Intagri. (2015). *La Capacidad de Intercambio Catiónico del Suelo. Serie Suelos*. Mexico: Artículos Técnicos de INTAGRI.
- Israelsen, O ; Hansen, V. (1979). *Principios y aplicaciones del riego*. España: Reverte.
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- Lascano, C & Rincón, A. (2005). *Leguminosa asbustiva de usos multiples para zonas con periodos prolongados de sequia en colombia*. Obtenido de https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=zSnwd8mATzoC&oi=fnd&pg=PA1&dq=sequia+en+colombia&ots=veooCPV6aw&sig=9GWiIpehenJmz_zvVYAWqCZC390&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Ley 1454. (2011). *Por la cual se dictan normas orgánicas sobre ordenamiento territorial*. Bogota: Congreso de la República.
- Ley 1551. (2012). *Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones*. Bogota: Congreso de la República .
- Ley 1551. (2012). *Por la cual se dictan normas para modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios*. Bogota: Congreso de la República.
- Ley 160. (1994). *or la cual se crea el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino, se establece un subsidio para la adquisición de tierras, se reforma el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria y se dictan otras disposiciones*. Bogota, Colombia.
- Ley 165. (1994). *Por medio de la cual se aprueba el "Convenio sobre la Diversidad Biológica",.* Bogota: Congreso de la República de Colombia .
- Ley 23. (1973). *Por la cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones*. Bogota: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Ley 388. (1997). *Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones*. Bogota: Congreso de la República.
- Ley 461. (1998). *Por medio de la cual se aprueba la "Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular África"*. Bogota: Congreso de la República.
- Ley 507. (1999). *Por la cual se modifica Ley 388 de 1997*. Bogota: Congreso de la Republica .
- Ley 685. (2001). *por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones*. Bogota, Colombia.
- Ley 9. (1989). *Por la cual se dictan normas sobre planes de desarrollo municipal, compraventa y expropiación de bienes y se dictan otras disposiciones*. Bogota: Congreso de la

- república de Colombia.
- Ley 99. (1993). *Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA y se dictan otras disposiciones*. Bogota, Colombia: Congreso de la República de Colombia .
- McKee, J. (1993). La relación de la frecuencia de sequía y la duración de las escalas de tiempo. Octava Conferencia sobre Climatología Aplicada, Sociedad Meteorológica Americana. *Sociedad Meteorológica Americana*, 17 (23), 179-186.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (1959). *Reservas Forestales establecidas por la Ley 2ª de 1959*. Bogota.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2005). *Plan de acción nacional lucha contra la desertificación y la sequía*. Bogota D.C.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Política para la gestión sostenible del suelo*. Bogota, D.C.
- Nobles, E. O. (2016). Evaluación de la amenaza por sequía en el departamento de Córdoba. Montería, Colombia.
- OMM. (2012). *Organización Meteorológica Mundial. Índice normalizado de precipitación*. Ginebra, Suiza.
- ONU. (1972). *Organización de las Naciones Unidas. Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*. Estocolmo.
- ONU. (1992a). *Organización de las Naciones Unidas. Declaración de Río Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Rio de Janeiro.
- ONU. (1992b). *Organización de las Naciones Unidas. Convenio sobre Diversidad Biológica*. Estocolmo.
- ONU. (1992c). *Organización de las Naciones Unidas. Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*. Washington.
- ONU. (1994). *Organización de las Naciones Unidas. Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación, en Particular África*. Paris, Francia.
- ONU. (2002). *Organización de las Naciones Unidas. La Declaración de Johannesburgo sobre Desarrollo Sustentable*. Sudáfrica.

- OPS . (2016). *Organizacion Panamericana de la Salud. ¿Qué es la Gestión del Riesgo de Desastres?* Obtenido de <https://cursospaises.campusvirtualsp.org/mod/page/view.php?id=22464&lang=fr>
- Palacio, K & Rodriguez, Y. (2014). *Análisis de vulnerabilidad del sistema territorial para la región afectada por la sequía del presente año en los departamentos del Meta y Casanare en Colombia*. Bogota D.C.
- Pellegrini, A. (2017). *Nitrogeno*. Bogotá: Norma editores.
- Peña, R; Rubiano, Y ; Peña, A & Chavez, B. (2009). Variabilidad espacial de los atributos de la capa arable de un Inceptisol del piedemonte de la cordillera Oriental (Casanare, Colombia). *Revista de la Universidad Nacional de Colombia* , 27(1), 111-120.
- Ramirez, O. (2014). *Sequía en Casanare*. Obtenido de <http://palabrasalmargen.com/edicion-30/sequia-en-casanare/>
- Ramirez, R. (1997). *Propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos*. Bogota, D.C.: Produmedios.
- Ravelo, A ; Planchuelo, A ; Aroche, R ; Douriet, J ; Hallack, M ; Jimenez,R ; Maureira, H ; Peña, T ; Tiscornia, G; Zanvettor, R & Zimmermann, R. (2016). *Central, Monitoreo y Evaluación de las Sequías en América*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Revelo, A; Panchuelo, A; Zanvettor, R & César, P. (2015). *Sistema de monitoreo y evaluación de las sequías en Argentina*. Cordoba: SBAgro.
- Rodriguez, E. (2014). *Cambios en el contenido de carbono orgánico e índice de estabilidad estructural procedentes de varios usos de suelo de sistemas ganaderos y altitudes en la Provincia del Sumapaz*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Sanchez, P & Salinas, J. (1983). *Suelos ácidos: Estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical*. Bogota D.C.: SCCS.
- Saneghian, S. (2016). *La acidez del suelo, una limitante común para la producción de café*. Manizales, Colombia: Biblioteca Alberto Machado.
- SGC. (2015). *Servicio Geológico Colombiano. Anexos de la memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000. Plancha 230 – Monterrey*. Sogamoso, Boyaca.
- Terry, E. (2009). *La innovación local como alternativa para atenuar el impacto de la sequía*. La

Habana, Cuba.

UNCCD. (Mayo de 2019). *United Nations Convention to Combat Desertification*. Obtenido de <https://www.unccd.int/>

UNGRD. (2018). *Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Atlas de Riesgo de Colombia: revelando los desastres latentes*. Bogota.

Vaca, J. (11 de octubre de 2018). Propietario de la Finca La Ponderosa. (J. Romero, Entrevistador)

Van,H & Van,H. (1994). *Salinity control. In- Drainage principles and application*. Wageningen, The Netheriands: Ritzema .

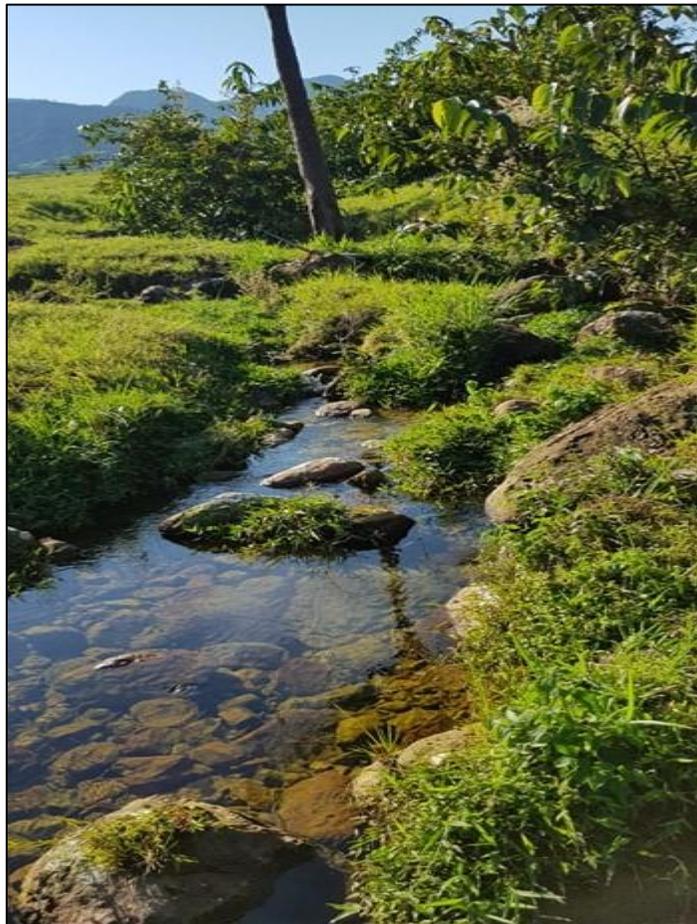
Vicario, L ; García, C ; Teich, I ; Bertoni, J; Ravelo, A & Rodríguez, A. (2015). *Caracterización de las sequías meteorológicas en la región central de la Argentina*. Córdoba: Tecnología y Ciencias del Agua.

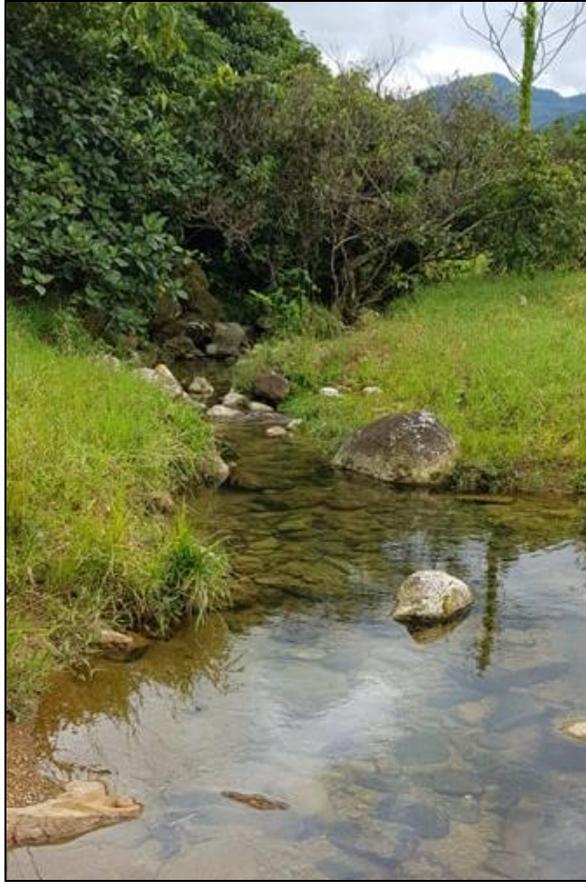
Wilhite & Glatz. (1985). Understanding the Drought Phenomenon:. *Water International* , 10 (3), 111–120.

Anexos

Anexo A. Fotografías visita a campo y toma de muestras de suelo















Anexo B. Resultados Análisis de Suelos



INFORME DE RESULTADOS



ÁREA DE ANÁLISIS DE SUELOS

Informe N°	31905-V1-2019		N° de Laboratorio	ASU-24878-2019	
Información del Cliente					
Remitente	JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		Responsable	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ	
Propietario	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		email contacto	jlromero@unbosque.edu.co	
Fecha Ingreso	04-09-2019		Fecha Emisión	8-09-2019	
Información de la Muestra enviada por el cliente					
Cultivo / Variedad	PASTOS - NO ESPECIFICADO		Lote / Bloque	M1: POTRERO 1	
Municipio/Departamento/ Finca	MONTERREY - CASANARE	LA PONDEROSA	N° Contrato	N.A.	
Información adicional	NINGUNA		Condiciones recepción	CONFORME	
ANÁLISIS CONVENCIONAL DE SUELO CAMPO					
Variable	Expresión	Resultados	Unidades	Extractante/Técnica/Referencia	
pH	pH	4.59	pH unit	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Conductividad Eléctrica	CE	0.10	dS/m	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Capacidad de Intercambio					
Saturación de Humedad				Pasta de saturación / Gravimétrico / USDA Salinity	
Carbono Orgánico				Sl. Dicromato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5403	
Materia Orgánica	MO	1.22	%	Cálculo	
Nitrógeno Total	N Total	0.059	%	Cálculo	
Densidad Aparente	d.a.	1.57	g/cm3	Cálculo	
Acidez Intercambiable	Ac.	183	2.04	Sl. KCl 1N / Volumétrico / NTC 5263	
Saturación de Aluminio	Sat.	50.6	%	Cálculo	
Determinación de Textura					
Arcilla	Tex.	14.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Arena	Tex.	84.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Limo	Tex.	2.00	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Textura	Tex.	Franco Arenoso	Adimensional	Análisis directo / Método de Bouyoucos	

Informe N°	31901-V1-2019		N° de Laboratorio	ASU-24884-2019
Información del Cliente				
Remitente	JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		Responsable	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ
Propietario	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		email contacto	lromero@unbosque.edu.co
Fecha Ingreso	04-09-2019		Fecha Emisión	8-09-2019
Información de la Muestra enviada por el cliente				
Cultivo / Variedad	PASTOS - NO ESPECIFICADO		Lote / Bloque	M2: POTRERO 1
Municipio/Departamento/ Finca	MONTERREY - CASANARE	LA PONDEROSA	N° Contrato	N.A.
Información adicional	NINGUNA		Condiciones recepcion	CONFORME
ANÁLISIS CONVENCIONAL DE SUELO CAMPO				
Variable	Expresión /Sigla	Resultados	Unidades	Extractante/Técnica/Referencia
pH	pH	4.46	pH_unit	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory
Conductividad Eléctrica	CE	0.11	dS/m	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory
Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva	CICE	3.86	meq/100g	Cálculo
Saturación de Humedad Media	N.A.	16.5	%	Pasta de saturación / Gravimétrico / USDA Salinity Laboratory
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	0.926	%	Sln. Dicromato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5403 Walklev-Black
Materia Orgánica	MO	1.60	%	Cálculo
Nitrógeno Total	N Total	0.077	%	Cálculo
Densidad Aparente	d.a.	1.54	g/cm3	Cálculo
Acidez Intercambiable	Ac.	187	2.08	Sln. KCl 1N / Volumétrico / NTC 5263
Saturación de Aluminio	Sat.	53.9	%	Cálculo
Determinación de Textura				
Arcilla	Tex.	16.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Arena	Tex.	82.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Limo	Tex.	2.00	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Textura	Tex.	Franco Arenoso	Adimensional	Análisis directo / Método de Bouyoucos

Informe N°	32032-V1-2019		N° de Laboratorio	ASU-24879-2019
Información del Cliente				
Remitente	JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		Responsable	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ
Propietario	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		email contacto	jlromero@unbosque.edu.co
Fecha Ingreso	04-09-2019		Fecha Emisión	9-09-2019
Información de la Muestra enviada por el cliente				
Cultivo / Variedad	PASTOS - NO ESPECIFICADO		Lote / Bloque	M1: POTRERO 2
Municipio/Departamento/ Finca	MONTERREY - CASANARE	LA PONDEROSA	N° Contrato	N.A.
Información adicional	NINGUNA		Condiciones recepcion	CONFORME
ANÁLISIS CONVENCIONAL DE SUELO CAMPO				
Variable	Expresión /Sigla	Resultados	Unidades	Extractante/Técnica/Referencia
pH	pH	4.62	pH_unit	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory
Conductividad Eléctrica	CE	0.10	dS/m	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory
Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva	CICE	4.14	meq/100g	Cálculo
Saturación de Humedad Media	N.A.	17.2	%	Pasta de saturación / Gravimétrico / USDA Salinity Laboratory
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	0.678	%	Sln. Dicromato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5403 Walkley-Black
Materia Orgánica	MO	1.17	%	Cálculo
Nitrógeno Total	N Total	0.057	%	Cálculo
Densidad Aparente	d.a.	1.58	g/cm3	Cálculo
Acidez Intercambiable	Ac.	239	2.65	Sln. KCl 1N / Volumétrico / NTC 5263
Determinación de Textura				
Arcilla	Tex.	14.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Arena	Tex.	82.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Limo	Tex.	4.00	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Textura	Tex.	Franco Arenoso	Adimensional	Análisis directo / Método de Bouyoucos

Informe N°	32031-V1-2019		N° de Laboratorio	ASU-24880-2019
Información del Cliente				
Remitente	JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		Responsable	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ
Propietario	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		email contacto	lrromero@unbosque.edu.co
Fecha Ingreso	04-09-2019		Fecha Emisión	9-09-2019
Información de la Muestra enviada por el cliente				
Cultivo / Variedad	PASTOS - NO ESPECIFICADO		Lote / Bloque	M1: POTRERO 3
Municipio/Departamento/ Finca	MONTERREY - CASANARE	LA PONDEROSA	N° Contrato	N.A.
Información adicional	NINGUNA		Condiciones recepción	CONFORME
ANÁLISIS CONVENCIONAL DE SUELO CAMPO				
Variable	Expresión /Sigla	Resultados	Unidades	Extractante/Técnica/Referencia
pH	pH	4.52	pH_unit	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory
Conductividad Eléctrica	CE	0.11	dS/m	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory
Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva	CICE	3.98	meq/100g	Cálculo
Saturación de Humedad Media	N.A.	16.2	%	Pasta de saturación / Gravimétrico / USDA Salinity Laboratory
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	0.662	%	Sln. Dicromato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5403 Walkley-Black
Materia Orgánica	MO	1.14	%	Cálculo
Nitrógeno Total	N Total	0.055	%	Cálculo
Densidad Aparente	d.a.	1.59	g/cm3	Cálculo
Acidez Intercambiable	Ac.	198	2.20	Sln. KCl 1N / Volumétrico / NTC 5263
Saturación de Aluminio	Sat. Al	55.3	%	Cálculo
Determinación de Textura				
Arcilla	Tex.	16.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Arena	Tex.	82.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Limo	Tex.	2.00	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos
Textura	Tex.	Franco Arenoso	Adimensional	Análisis directo / Método de Bouyoucos

Informe N°	31904-V1-2019		N° de Laboratorio	ASU-24881-2019	
Información del Cliente					
Remitente	JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		Responsable	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ	
Propietario	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		email contacto	jromero@unbosque.edu.co	
Fecha Ingreso	04-09-2019		Fecha Emisión	8-09-2019	
Información de la Muestra enviada por el cliente					
Cultivo / Variedad	PASTOS - NO ESPECIFICADO		Lote / Bloque	M1: POTRERO 4	
Municipio/Departamento/Finca	MONTERREY - CASANARE	LA PONDEROSA	N° Contrato	N.A.	
Información adicional	NINGUNA		Condiciones recepción	CONFORME	
ANÁLISIS CONVENCIONAL DE SUELO CAMPO					
Variable	Expresión /Sigla	Resultados	Unidades	Rango Medio	Extractante/Técnica/Referencia
pH	pH	4.58	pH_unit	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Conductividad Eléctrica	CE	0.09	dS/m	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva	CICE	4.43	meq/100g	Cálculo	
Saturación de Humedad Media	N.A.	19.5	%	Pasta de saturación / Gravimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	0.810	%	Sol. Dicromato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5403 Walkley-Black	
Materia Orgánica	MO	1.40	%	Cálculo	
Nitrógeno Total	N Total	0.068	%	Cálculo	
Densidad Aparente	d.a.	1.54	g/cm3	Cálculo	
Acidez Intercambiable	Ac.	216	2.40	Sol. KCl 1N / Volumétrico / NTC 5263	
Saturación de Aluminio	Sat. Al	54.2	%	Cálculo	
Determinación de Textura					
Arcilla	Tex.	12.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Arena	Tex.	82.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Limo	Tex.	6.00	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Textura	Tex.	Franco Arenoso	Adimensional	Análisis directo / Método de Bouyoucos	

Informe N°	31900-V1-2019		N° de Laboratorio	ASU-24885-2019	
Información del Cliente					
Remitente	JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		Responsable	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ	
Propietario	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		email contacto	jromero@unbosque.edu.co	
Fecha Ingreso	04-09-2019		Fecha Emisión	8-09-2019	
Información de la Muestra enviada por el cliente					
Cultivo / Variedad	PASTOS - NO ESPECIFICADO		Lote / Bloque	M2: POTRERO 4	
Municipio/Departamento/ Finca	MONTERREY - CASANARE	LA PONDEROSA	N° Contrato	N.A.	
Información adicional	NINGUNA		Condiciones recepcion	CONFORME	
ANÁLISIS CONVENCIONAL DE SUELO CAMPO					
Variable	Expresión /Sigla	Resultados	Unidades	Rango Medio	Extractante/Técnica/Referencia
pH	pH	4.57	pH_unit	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Conductividad Eléctrica	CE	0.16	dS/m	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva	CICE	4.50	meq/100g	Cálculo	
Saturación de Humedad Media	N.A.	19.1	%	Pasta de saturación / Gravimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	0.762	%	Soln. Dicromato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5403	
Materia Orgánica	MO	1.31	%	Cálculo	
Nitrógeno Total	N Total	0.064	%	Cálculo	
Densidad Aparente	d.a.	1.57	g/cm3	Cálculo	
Acidez Intercambiable	Ac.	228	2.53	Soln. KCl 1N / Volumétrico / NTC 5263	
Saturación de Aluminio	Sat.	56.2	%	Cálculo	
Determinación de Textura					
Arcilla	Tex.	18.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Arena	Tex.	80.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Limo	Tex.	2.00	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Textura	Tex.	Franco Arenoso	Adimensional	Análisis directo / Método de Bouyoucos	

Informe N°	31903-V1-2019		N° de Laboratorio	ASU-24882-2019	
Información del Cliente					
Remitente	JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		Responsable	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ	
Propietario	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		email contacto	jromero@unbosque.edu.co	
Fecha Ingreso	04-09-2019		Fecha Emisión	18-09-2019	
Información de la Muestra enviada por el cliente					
Cultivo / Variedad	PASTOS - NO ESPECIFICADO		Lote / Bloque	M1: POTRERO 5	
Municipio/Departamento/ Finca	MONTERREY - CASANARE	LA PONDEROSA	N° Contrato	N.A.	
Información adicional	NINGUNA		Condiciones recepcion	CONFORME	
ANÁLISIS CONVENCIONAL DE SUELO CAMPO					
Variable	Expresión /Siela	Resultados	Unidades	Extractante/Técnica/Referencia	
pH	pH	4.69	pH unit	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Conductividad Eléctrica	CE	0.08	dS/m	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva	CICE	4.40	meq/100g	Cálculo	
Saturación de Humedad Media	N.A.	20.2	%	Pasta de saturación / Gravimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	0.968	%	Sln. Dicromato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5403 Walkley-Black	
Materia Orgánica	MO	1.67	%	Cálculo	
Nitrógeno Total	N Total	0.081	%	Cálculo	
Densidad Aparente	d.a.	1.53	g/cm3	Cálculo	
Acidez Intercambiable	Ac.	238	2.65	Sln. KCl 1N / Volumétrico / NTC 5263	
Saturación de Aluminio	Sat.	60.2	%	Cálculo	
Determinación de Textura					
Arcilla	Tex.	14.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Arena	Tex.	84.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Limo	Tex.	2.00	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Textura	Tex.	Franco Arenoso	Adimensional	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Informe N°	31899-V1-2019		N° de Laboratorio	ASU-24886-2019	
Información del Cliente					

Remitente	JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		Responsable	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ	
Propietario	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		email contacto	jlromero@unbosque.edu.co	
Fecha Ingreso	04-09-2019		Fecha Emisión	8-09-2019	
Información de la Muestra enviada por el cliente					
Cultivo / Variedad	PASTOS - NO ESPECIFICADO		Lote / Bloque	M2: POTRERO 5	
Municipio/Departamento/ Finca	MONTERREY - CASANARE	LA PONDEROSA	N° Contrato	N.A.	
Información adicional	NINGUNA		Condiciones recepcion	CONFORME	
ANÁLISIS CONVENCIONAL DE SUELO CAMPO					
Variable	Expresión /Sigla	Resultados	Unidades	Extractante/Técnica/Referencia	
pH	pH	4.68	pH_unit	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Conductividad Eléctrica	CE	0.19	dS/m	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva	CICE	4.32	meq/100g	Cálculo	
Saturación de Humedad Media	N.A.	21.1	%	Pasta de saturación / Gravimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	0.834	%	Slm. Dicromato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5403 Walkley Black	
Materia Orgánica	MO	1.44	%	Cálculo	
Nitrógeno Total	N Total	0.070	%	Cálculo	
Densidad Aparente	d.a.	1.55	g/cm3	Cálculo	
Acidez Intercambiable	Ac.	237	2.64	Slm. KCl 1N / Volumétrico / NTC 5263	
Saturación de Aluminio	Sat.	61.1	%	Cálculo	
Determinación de Textura					
Arcilla	Tex.	14.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Arena	Tex.	80.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Limo	Tex.	6.00	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Textura	Tex.	Franco Arenoso	Adimensional	Análisis directo / Método de Bouyoucos	

Informe N°	31902-V1-2019		N° de Laboratorio	ASU-24883-2019	
Información del Cliente					
Remitente	JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		Responsable	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ	
Propietario	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		email contacto	jromero@unbosque.edu.co	
Fecha Ingreso	04-09-2019		Fecha Emisión	8-09-2019	
Información de la Muestra enviada por el cliente					
Cultivo / Variedad	PASTOS - NO ESPECIFICADO		Lote / Bloque	M1: POTRERO 6	
Municipio/Departamento/ Finca	MONTERREY - CASANARE	LA PONDEROSA	N° Contrato	N.A.	
Información adicional	NINGUNA		Condiciones recepción	CONFORME	
ANÁLISIS CONVENCIONAL DE SUELO CAMPO					
Variable	Expresión /Sigla	Resultados	Unidades	Extractante/Técnica/Referencia	
pH	pH	4.67	pH_unit	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Conductividad Eléctrica	CE	0.19	dS/m	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva	CICE	3.84	meq/100g	Cálculo	
Saturación de Humedad Media	N.A.	19.2	%	Pasta de saturación / Gravimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	0.964	%	Sln. Dicromato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5403	
Materia Orgánica	MO	1.66	%	Cálculo	
Nitrógeno Total	N Total	0.080	%	Cálculo	
Densidad Aparente	d.a.	1.52	g/cm3	Cálculo	
Acidez Intercambiable	Ac.	190	2.11	Sln. KCl 1N / Volumétrico / NTC 5263	
Saturación de Aluminio	Sat.	54.9	%	Cálculo	
Determinación de Textura					
Arcilla	Tex.	12.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Arena	Tex.	82.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Limo	Tex.	6.00	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Textura	Tex.	Franco Arenoso	Adimensional	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Informe N°	31898-V1-2019		N° de Laboratorio	ASU-24887-2019	

Información del Cliente					
Remitente	JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		Responsable	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ	
Propietario	SR. JAVIER LEONARDO ROMERO FERNANDEZ		email contacto	jromero@unbosque.edu.co	
Fecha Ingreso	04-09-2019		Fecha Emisión	8-09-2019	
Información de la Muestra enviada por el cliente					
Cultivo / Variedad	PASTOS - NO ESPECIFICADO		Lote / Bloque	M2: POTRERO 6	
Municipio/Departamento/ Finca	MONTERREY - CASANARE	LA PONDEROSA	N° Contrato	N.A.	
Información adicional	NINGUNA		Condiciones recepcion	CONFORME	
ANÁLISIS CONVENCIONAL DE SUELO CAMPO					
Variable	Expresión /Sigla	Resultados	Unidades	Rango Medio	Extractante/Técnica/Referencia
pH	pH	4.65	pH unit	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Conductividad Eléctrica	CE	0.15	dS/m	Pasta de saturación / Conductimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva	CICE	3.75	meq/100g	Cálculo	
Saturación de Humedad Media	N.A.	20.0	%	Pasta de saturación / Gravimétrico / USDA Salinity Laboratory	
Carbono Orgánico Oxidable	COOx	1.23	%	Sln. Dicromato de Potasio / Colorimétrico / NTC 5403 Walkley-Black	
Materia Orgánica	MO	2.12	%	Cálculo	
Nitrógeno Total	N Total	0.102	%	Cálculo	
Densidad Aparente	d.a.	1.42	g/cm3	Cálculo	
Acidez Intercambiable	Ac.	204	2.27	Sln. KCl 1N / Volumétrico / NTC 5263	
Saturación de Aluminio	Sat.	60.5	%	Cálculo	
Determinación de Textura					
Arcilla	Tex.	10.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Arena	Tex.	80.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Limo	Tex.	10.0	%	Análisis directo / Método de Bouyoucos	
Textura	Tex.	Franco Arenoso	Adimensional	Análisis directo / Método de Bouyoucos	

