



INGENIERÍA AMBIENTAL

Análisis comparativo del efecto de la ivermectina en las propiedades fisico-químicas de un suelo mixto y en escarabajos coprófagos en el municipio de Fresno, Tolima

Marcos Julián Varela Londoño
Laura Daniela Olaya Giraldo



Universidad[®]
Católica
de Manizales

VIGILADA MINEUCACIÓN

Obra de Iglesia
de la Congregación



Hermanas de la Caridad
Dominicas de La Presentación
de la Santísima Virgen

**Análisis comparativo del efecto de la
ivermectina en las propiedades físico-químicas de un suelo mixto y en escarabajos
coprófagos en el municipio de Fresno, Tolima**

Autores

Marcos Julián Varela Londoño

Laura Daniela Olaya Giraldo

Trabajo de grado en modalidad:

Proyecto de Investigación articulada al semillero GeoInformación

Directora

Alexandra Diaz Gil

Geóloga MSc y Especialista

Orcid : <https://orcid.org/0000-0001-9131-212X>

Semillero de investigación en Geoinformación

Universidad Católica de Manizales

Facultad de ingeniería y arquitectura

Ingeniería Ambiental

Manizales

2024

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
HIPOTESIS	12
OBJETIVOS.....	12
Objetivo Generales.....	12
Objetivos Específicos	12
JUSTIFICACIÓN DE PROYECTO.....	13
MARCO TEORICO	14
METODOLOGIA	22
Fase 1: Revisión y recopilación bibliográfica	24
Fase 2: Obtención y edición de Imágenes satelitales, Modelos Digitales de Elevación (DEM) y elementos cartográficos	24
Fase 3: Salida a campo.....	29
RESULTADOS	45
ANÁLISIS DE RESULTADOS	66
CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍAS	70
ANEXOS.....	74

INDICE DE FIGURAS E IMAGENES

<i>Imagen 1</i> Área de estudio. Fuente propia	23
<i>Imagen 2</i> Clasificación de la cartografía del área de interés. Fuente propia	25
<i>Imagen. 3</i> Mapa cartográfico del área de estudio y el municipio de Fresno. Fuente propia	25
<i>Imagen 4.</i> Interfaz de la página de ASF data search.	26
<i>Imagen 5.</i> Recorte y ajuste del DEM al shapefile del municipio. Fuente propia	27
<i>Imagen 6.</i> Creación de mapa de pendientes a partir de un DEM. Fuente propia	28
<i>Imagen 7.</i> Mapa de Pendientes del área de interés. Fuente Propia	29
<i>Imagen 8.</i> Tabla con las coordenadas de cada punto de muestreo. Fuente propia	30
<i>Imagen 9.</i> Mapa de Puntos de muestreo para las zonas de interés. Fuente Propia	31
<i>Imagen 11.</i> Instalación de Trampas en el Área de Estudio. Fuente Propia	33
<i>Imagen 12.</i> Recolección de insectos en campo. Fuente Propia	34
<i>Imagen 13.</i> Líquido de conservación. Fuente Propia	35
<i>Imagen 14.</i> Escarabajos en suspensión de conserva. Fuente Propia	36
<i>Imagen 15.</i> Secado de los especímenes curados. Fuente Propia	37
<i>Imagen 16.</i> Escarabajo coprófago después del proceso de curado. Fuente Propia	37
<i>Imagen 17.</i> Proceso del montaje final de los especímenes. Fuente propia	38
<i>Imagen 18.</i> Excavación para la recolección de muestras de suelo. Fuente propia	40
<i>Imagen 19.</i> Formato de solicitud de muestras para análisis de suelos de la universidad de Caldas.	41
<i>Imagen 20.</i> Formato de solicitud de muestra de suelo de la universidad de Caldas.	45
<i>Imagen 21.</i> Gráfica de potencial de hidrogeno (pH). Fuente propia	46
<i>Imagen 22.</i> Gráfica de concentración de aluminio en Cmol/ Kg. Fuente Propia	47
<i>Imagen 23.</i> Gráfica de concentración de Potasio en Cmol/ Kg. Fuente Propia	47
<i>Imagen 24.</i> Gráfica de concentración de Calcio en Cmol/ Kg. Fuente Propia	49
<i>Imagen 25.</i> Gráfica de concentración de Magnesio en Cmol/ Kg. Fuente Propia	50
<i>Imagen 26.</i> Gráfica de concentración de Sodio en Cmol/ Kg. Fuente Propia	51
<i>Imagen 27.</i> Gráfica de concentración de Nitrógeno en porcentaje (%). Fuente Propia	52
<i>Imagen 28.</i> Gráfica de concentración de Materia Orgánica en porcentaje (%). Fuente Propia	53
<i>Imagen 29.</i> Gráfica de concentración de Arena en porcentaje (%). Fuente Propia	54
<i>Imagen 30.</i> Gráfica de concentración de Limo en porcentaje (%). Fuente Propia	55
<i>Imagen 31.</i> Gráfica de concentración de Arcilla en porcentaje (%). fuente propia	56
<i>Imagen 32.</i> Gráfica de concentración de Hierro en mg/kg. fuente propia	58

<i>Imagen 33. Grafica de concentración de Fosforo en mg/kg. fuente propia</i>	59
<i>Imagen 34. Grafica de concentración de Manganeso en mg/kg. fuente propia</i>	60
<i>Imagen 35. Grafica de concentración de Zinc en mg/kg. fuente propia</i>	61
<i>Imagen 36. Grafica de concentración de cobre en mg/kg. fuente propia</i>	62
<i>Imagen 37. Grafica de concentración de Boro en mg/kg. fuente propia</i>	64
<i>Imagen 38. Grafica de concentración de Azufre en mg/kg. fuente propia</i>	65
<i>Imagen 39. Número de especímenes recolectados por muestreo. Fuente Propia.</i>	66
<i>Imagen 40. certificado del primer encuentro de RedCOLSI.</i>	74
<i>Imagen 41. certificado del primer encuentro de RedCOLSI.</i>	74
<i>Imagen 42. certificado de semillero de investigación RREDSI</i>	75
<i>Imagen 43. certificado de semillero de investigación RREDSI</i>	75
<i>Imagen 44. insignia del XIII encuentro regional de investigación RREDSI 2023</i>	76
<i>Imagen 45. Participación eventos de RREDSI y RedCOLSI</i>	77

INDICE DE ILUSTRACIÓN

<i>Ilustración 01. Grafico de Trampa de Caída para insectos, Fuente https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Esquema-general-Trampa-de-caida-Elaborado-por-Christian-Salas_fig4_257197198</i>	23
---	----

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Lista de puntos correspondientes al polígono del área de estudio. Fuente propia</i>	23
<i>Tabla 2. Clasificación de la pendiente con respecto a la horizontal del terreno. Fuente Propia</i>	28
<i>Tabla 3. variables del estudio de suelo. Fuente propia</i>	42

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a la profesora y magíster Alexandra Díaz Gil por su invaluable guía y apoyo durante el desarrollo de nuestro proyecto de grado. Su conocimiento experto y dedicación nos ha inspirado y motivado a alcanzar resultados sobresalientes.

También queremos agradecer al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y al Instituto Geográfico Agustín Codazzi por su colaboración y disposición para brindarnos el acceso a los datos e información necesarios para llevar a cabo nuestra investigación, su apoyo ha sido fundamental para el éxito de nuestro proyecto.

No podemos dejar de mencionar a nuestras familias, quienes han estado a nuestro lado en cada etapa de este trabajo de grado, su constante apoyo, comprensión y aliento nos han dado la fuerza para superar los desafíos y lograr nuestros objetivos. Estamos profundamente agradecidos por su amor incondicional y su valiosa contribución a nuestro crecimiento académico y personal.

Nuestros agradecimientos también se extienden a todos los compañeros, amigos y personas que nos brindaron su ayuda y consejos a lo largo de este camino. Su colaboración y estímulo han sido fundamentales en nuestro progreso y enriquecimiento como profesionales.

Por último, queremos reconocer a todas las personas anónimas que participaron en nuestra investigación y que, de alguna manera, contribuyeron a la generación de conocimiento en nuestro campo de estudio. Su participación fue esencial para obtener resultados significativos y valiosos.

RESUMEN

El presente documento tiene como objetivo analizar el impacto de la ivermectina, un producto utilizado en la ganadería para controlar parásitos en bovinos y equinos, en las propiedades físico-químicas de un suelo mixto y en los escarabajos coprófagos en el municipio de Fresno, Tolima.

Los escarabajos coprófagos son insectos que se alimentan y reproducen en el estiércol animal, descomponiendo la materia orgánica y aportando nutrientes al suelo. Sin embargo, el uso de la ivermectina en el ganado ha demostrado tener efectos negativos en estas poblaciones de escarabajos y otros organismos presentes en el estiércol.

La investigación tiene como objetivo principal identificar el impacto de los residuos de ivermectina en el suelo y en las especies coprófagas. Para ello, se realizó muestreo en dos zonas; Una sin exposición a la ivermectina y otra con presencia activa del producto. Se evaluó las propiedades del suelo y se observó las poblaciones de escarabajos coprófagos y los cultivos cercanos para detectar la presencia del fármaco en las zonas.

La justificación de este proyecto radica en la necesidad de comprender y analizar los posibles efectos adversos de la ivermectina, un producto ampliamente utilizado en la ganadería. Es fundamental investigar cómo esta sustancia, originalmente destinada al control de parásitos, puede convertirse en un contaminante perjudicial para el ecosistema. El estudio se centra en el impacto de los residuos de ivermectina en el suelo y en las poblaciones de escarabajos coprófagos, ya que estos insectos desempeñan un papel importante en la descomposición de la materia orgánica y en la fertilidad del suelo.

Esta investigación es relevante debido a la falta de estudios exhaustivos sobre los efectos de los productos veterinarios en el medio ambiente. Es esencial comprender cómo estas sustancias pueden afectar negativamente la biodiversidad y la salud de los ecosistemas. Además, se busca establecer una relación clara entre la presencia de ivermectina en las heces y sus efectos perjudiciales en el suelo y en las especies coprófagas. Esto permitirá crear conciencia sobre los riesgos asociados con el uso indiscriminado de productos químicos en la ganadería y promover prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

Palabras claves: ivermectina, escarabajos coprófagos, ganadería, residuo, contaminación, suelo, muestreo, materia orgánica

ABSTRACT

The present document aims to analyze the impact of ivermectin, a product used in livestock farming to control parasites in cattle and horses, on the physicochemical properties of mixed soil and coprophagous beetles in the municipality of Fresno, Tolima. Coprophagous beetles are insects that feed and reproduce in animal dung, decomposing organic matter and contributing nutrients to the soil. However, the use of ivermectin in livestock has been shown to have negative effects on these populations of beetles and other organisms present in dung.

The main objective of the research is to identify the impact of ivermectin residues on soil and coprophagous species. To achieve this, sampling was conducted in two areas: one without exposure to ivermectin and another with an active presence of the product. Soil properties will be evaluated, and populations of coprophagous beetles and nearby crops will be observed to detect the presence of the drug in the agricultural area.

The justification for this project lies in the need to understand and analyze the potential adverse effects of ivermectin, a widely used product in livestock farming. It is essential to investigate how this substance, originally intended for parasite control, can become a harmful contaminant to the ecosystem. The study focuses on the impact of ivermectin residues on soil and coprophagous beetle populations, as these insects play a significant role in organic matter decomposition and soil fertility.

This research is relevant due to the lack of comprehensive studies on the effects of veterinary products on the environment. It is crucial to understand how these substances can negatively affect biodiversity and ecosystem health. Furthermore, the aim is to establish a clear relationship between the presence of ivermectin in dung and its detrimental effects on soil and coprophagous species. This will raise awareness about the risks associated with the indiscriminate use of chemical products in livestock farming and promote more sustainable and environmentally friendly practices.

Keywords: ivermectin, dung beetles, livestock, waste, contamination, soil, sampling, organic matter

INTRODUCCIÓN

Los escarabajos coprófagos son especies pertenecientes a las subfamilias Scarabaeinae, Geotrupinae y Aphodiinae de la Familia Scarabaeidae, estos son los responsables de utilizar principalmente el estiércol animal como alimento o como nicho de reproducción (Imelda Martinez, 2016) estos escarabajos son insectos descomponedores esto significa que son organismos que transforman la materia orgánica en compuestos o material inorgánico; los escarabajos coprófagos son los encargados de aportar nutrientes al suelo mediante la degradación del excremento, esto contribuye al reciclaje de nutrientes, movimiento de materia orgánica que sirve como componente principal para formar materia viva, asimismo promueve la fertilización del suelo, la limpieza de los pastos y controla las emisiones de gases de efecto invernadero provocados por la exposición de las heces fecales a la atmósfera (Juan M. Pinos-Rodríguez^{1*}, 2012) .

En muchos países de Latinoamérica se utiliza un producto para eliminar los parásitos de los mamíferos en especial los bovinos y equinos, llamado Ivermectina, esta es una sustancia que se bioacumula en las heces, leche y orina del animal lo que provoca trazas de este producto en el estiércol, causando una degradación lenta en el suelo (Museo Nacional de Ciencias Naturales, 2020), afectando directamente las colonias de escarabajos y otros organismos como colémbolos y ácaros que pasan una parte de su ciclo biológico en el estiércol y que son indispensables para mantener el equilibrio de los agroecosistemas (Nuñez, 2015). La presencia de Ivermectina en el estiércol de bovinos tratados subcutáneamente ocasionó reducciones en las poblaciones de juveniles de dípteros, ácaros, adultos y larvas de escarabajos (Carolina Flota-Bañuelos¹, 2012) , por otro lado, en Sudáfrica, se ha demostrado que la utilización de ivermectina ha reducido la diversidad de especies de escarabajos y dípteros dado a su composición (Krüger y Scholtz & Krüger y Scholtz, 2015).

Existen pocos trabajos sobre el efecto de la Ivermectina en la atracción o repelencia de escarabajos hacia el estiércol. (Juan M. Pinos-Rodríguez^{1*}, 2012), Sin embargo, en México solo existe evidencia del efecto de los residuos de diferentes herbicidas químicos sobre la abundancia de afodinos, una subfamilia de los coleópteros (escarabajos) que se alimentan de excrementos. (Juan M. Díaz-García a, 2023) ; también, se evidencia que los productos basados en la Ivermectina son potencialmente tóxicos, por su presencia en el estiércol (M.** , 2005) llegando a limitar la supervivencia de los escarabajos estiercoleros (Nuñez, 2015) Asimismo, las especies nativas de escarabajos parecen ser las más afectadas, debido a que las especies introducidas tienen una mayor capacidad de adaptación a diferentes hábitats (BIZKAIA, 2015).

La Ivermectina como desparasitante, es un producto implementado en la ganadería para controlar parásitos externos e internos, nemátodos, gastrointestinales y pulmonares, nubes, piojos, ácaros de la sarna, larvas de mosca de la miasis, garrapatas, entre otros... (vecol, 2024), la administración de este producto suele realizarse de forma subcutánea, es decir, por debajo de la piel, en una proporción de 1 ml/50 kg de peso vivo (PhD, 2009), donde un aproximado entre el 50 y 70% del porcentaje de producto aplicado, es aprovechado por el animal y el restante es eliminado a través de las heces, la orina o la leche, cuando el ganado es de raza lechera. De acuerdo con lo descrito lo que se busca con este proyecto es identificar, qué tanto afectan los residuos de la ivermectina en el suelo y a su vez en las especies coprófagas.

De manera específica, en este caso de estudio, se tomará un sector característico, en donde estarán sectorizadas dos zonas, que permitirán, la evaluación del estado de suelo, teniendo en cuenta un muestreo en un suelo sin afectación por ivermectina y un segundo muestreo en un sector en un suelo con residuos activos de Ivermectina, esto con el fin de poder realizar un control que sirva para verificar los cambios que hay entre las dos muestras. Del mismo modo, se tendrán en observación los escarabajos coprófagos que puedan estar presentes en el sector, así como los cultivos más cercanos a la zona que tiene ivermectina, para ser estudiados y comprobar, si hay presencia del fármaco en esa zona de producción agrícola, por lo tanto, se llevará un seguimiento sobre las condiciones y propiedades de un suelo que está sometido a concentraciones estandarizadas de ivermectina y será comparado con las características que tiene un suelo que no está intervenido.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos 10 años, las prácticas agropecuarias intensivas tanto agrícolas como ganaderas, se han convertido en una acción muy extendida por todo el mundo, de acuerdo con United States Department of Agriculture (USDA) desde el 2010 hasta el 2022 se han incrementado la producción de carne en un 20% es decir un aproximado de 614.5 millones de toneladas de carne vacuna, excluyendo el ganado de leche, y para la agricultura se establece que desde el 2010 se aumentó un 15% en la producción agrícola, lo que significa un incremento de 1500 toneladas de alimentos en el mundo (FAO, fao.org, 2016); para el sector ganadero en Colombia produce ganado de tipo lechero o producción de carne siendo más predominante el ganado de carne esto por ser el más productivo económicamente, las razas más comunes en Colombia son: Simmental, Brahman rojo, Gyr, Blanco orejinegro, Ganado romo (Romosinuano), Chino santandereano, razas autóctonas como lo son: costeño con cuerno, Hartón del valle, Sanmartinero, en este caso la ganadería aumentó un 85% entre el 2020 y 2022, (FAO, 2022) por último, para el municipio de Fresno que está ubicado en el departamento del Tolima se producen los dos tipos de ganado tanto lechero como cárnico por su variedad de clima.

La vacunación del ganado con ivermectina para la erradicación de parásitos en los bovinos ha dado mejores resultados en comparación con otros fármacos veterinario desparasitantes (FAO, fao.org, 2016) ya que es el producto más eficiente y económico, de acuerdo con esto, se puede definir que dicho producto es de fácil acceso y uso, además, la vacunación con este producto es una práctica que se lleva a cabo desde hace mucho tiempo por las personas que se encuentran en esta zona, sin embargo las personas no son conscientes del daño que a largo plazo se genera por este tipo de prácticas; de acuerdo con Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO) la ivermectina es un producto que reduce las posibilidades de interacción de los escarabajos coprófagos en el ecosistema, del mismo modo aumenta las producciones de dióxido de carbono y metano, ya que permite que las heces fecales de los bovinos no sean de fácil degradación y por consiguiente seguirán produciendo gases de efecto invernadero; la ivermectina no solo afecta las poblaciones de escarabajos coprófagos, también afecta la biodiversidad de insectos en general, sin embargo, los escarabajos son los principales afectados ya que las heces bovinas son su fuente de nutrientes y sustento para esta especie.

Esta problemática no solo afecta la biota de suelo sino también a la composición del suelo y sus nutrientes, basado en lo anterior la ivermectina afecta la movilidad de los nutrientes en el suelo,

produciendo cambios vegetativos y reduciendo la productividad del suelo haciendo más pobres las cosechas y producciones agrícolas.

HIPOTESIS

La presencia de residuos de ivermectina en el suelo, tiene repercusiones negativas en la fertilidad del mismo, al obstaculizar el proceso de distribución de la materia orgánica y reducir la disponibilidad de nutrientes esenciales para los cultivos cercanos. Algunos efectos adversos pueden ser, la capacidad de la ivermectina de acumularse en el estiércol y persistir en el suelo, generando posibles repercusiones negativas tanto en la comunidad de escarabajos coprófagos como en la funcionalidad general del suelo.

OBJETIVOS

Objetivo Generales

Evaluar la distribución de nutrientes en el suelo mediante la actividad ecosistémica de las especies de escarabajos coprófagos en relación al contenido de ivermectina.

Objetivos Específicos

- Delimitar por medio de los SIG la zona de afectación con el fin de analizar el impacto generado en la textura y fertilidad del suelo por la presencia de la ivermectina encontrada en las heces del ganado.
- Comparar las propiedades del suelo, textura y nutrientes, en zonas con presencia de ivermectina, en el área ganadera y en zonas sin intervención como lo es el área de agricultura.
- Caracterizar la comunidad de escarabajos coprófagos en las áreas con exposición de ivermectina y sin exposición al producto.

JUSTIFICACIÓN DE PROYECTO

Esta investigación busca entender y analizar cómo algunas sustancias insecticidas y desparasitarias utilizadas en la ganadería como lo son la ivermectina, pueden llegar a trascender fuera de su propósito inicial y convertirse en un agente contaminante perjudicial para el ecosistema, en este proyecto se investigará el efecto de las heces fecales de bovinos vacunados con ivermectina en el suelo; además se tendrá en cuenta algunas especies de escarabajos coprófagos que son insectos que tienen como fuente de alimento y sustento las heces de los bovinos lo que supone un efecto directo en estas poblaciones por acción de este tipo de sustancia. (Pérez-Cogollo, 2018).

Por otro lado, se pretende buscar la relación que hay entre la ivermectina encontrada en las heces, producto de un proceso metabólico del ganado junto con el impacto generado en el suelo tanto biológica como fisicoquímica, determinando si los efectos son positivos o negativos y de qué forma estas afectaciones se pueden mitigar, proyectando una visión en pro del desarrollo sustentable y promoviendo las buenas prácticas en el sector agropecuario. (Perez, 2015).

De acuerdo con la descripción mencionada anteriormente, las sustancias que se utilizan usualmente en la ganadería no son investigadas a fondo, esto porque la mayoría de los fabricantes de productos veterinarios sólo se centran en el animal y no se preocupa por los efectos que tiene el producto/medicamento fuera del animal, es decir cuando el producto entra en contacto con el medio ambiente después de haber estado en el cuerpo del animal.

Del mismo modo, se encontró en la bibliografía citada que existe un vacío investigativo sobre las verdaderas consecuencias que tienen los productos veterinarios cuando interactúan con el medio ambiente, en el caso de este estudio se optó por utilizar el producto desparasitante conocido como “Ivermectina” ya que es un fármaco veterinario muy utilizado en Colombia dado a que su precio es muy asequible y tiene un amplio espectro de funcionamiento, razón por la cual lo hace un medicamento muy utilizado en el sector ganadero, sin embargo, el Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO) de la Universidad de Alicante (España) confirmó que la ivermectina de uso veterinario es bioacumulable en los tejidos de los insectos (Ganadero c. , 2020)

De acuerdo con lo descrito anteriormente en la revisión bibliográfica más actualizada que se encontró frente a esta temática, no se encontraron estudios realizados en el Tolima, relacionados con los efectos de la ivermectina en el suelo, debido a que los estudios basados en la ivermectina se enfocan en la salud veterinaria y los usos que tiene este medicamento para erradicar los parásitos en bovinos, equinos, perros, ovejas, entre otros animales, así como otros usos que se le puede dar a este fármaco en animales, en esta revisión bibliográfica no se evidencia un enfoque hacia la contaminación que puede generar en el suelo por una sustancia de este tipo, lo que hace de este estudio un caso significativo, puesto que sería un proyecto pionero en la región andina, además que ampliará y dará paso a más investigaciones sobre el efecto que tiene la ivermectina en el suelo y los efectos que tienen los fármacos veterinarios en el medio ambiente. (RIA.SAUMELL, 2005)

MARCO TEORICO

Prácticas Agropecuarias Intensivas:

Las prácticas agropecuarias intensivas constituyen un método orientado a maximizar la producción de alimentos por unidad de superficie, empleando herramientas como fertilizantes, semillas seleccionadas, pesticidas, medicamentos veterinarios, maquinaria, entre otros. Estas prácticas surgieron en el siglo XX como respuesta a la necesidad de abastecer la creciente demanda alimentaria, resultado del vertiginoso crecimiento industrial y demográfico. Aunque garantizaron la seguridad alimentaria, comprometieron la calidad de los alimentos y la sostenibilidad de las plantaciones y la producción ganadera. (Salcedo, 2014)

Este enfoque agropecuario intensivo implica el abuso de químicos, como fertilizantes y pesticidas, así como el abuso de maquinaria y la concentración de animales en espacios reducidos. Estos métodos pueden desencadenar la contaminación del suelo y el agua debido al exceso de nutrientes y productos, afectando la calidad de los recursos naturales. Además, la pérdida de biodiversidad y la degradación del suelo son consecuencias comunes, ya que los monocultivos y la sobreexplotación pueden agotar los nutrientes del suelo y reducir la diversidad biológica. (FAO, 2022)

En los últimos años, las prácticas agropecuarias intensivas han experimentado un crecimiento significativo a nivel mundial, reflejándose tanto en la producción de carne como en la agricultura, siendo

la ganadería una de las actividades más predominantes en Colombia. En el municipio de Fresno, ubicado en el departamento del Tolima, se practican tanto la ganadería lechera como la de carne, aprovechando la variabilidad climática de la región.

Uso de Ivermectina en la Ganadería:

La ivermectina, reconocida por su eficacia y accesibilidad económica, fue descubierta en la década de los años 80 y se ha consolidado como el desparasitante más utilizado en el ganado. Sin embargo, a pesar de sus beneficios para el control de parásitos en bovinos, su uso indiscriminado ha generado preocupaciones sobre sus consecuencias ambientales a largo plazo. (ACS, 2016)

A pesar de su éxito en la medicina veterinaria, es esencial destacar que la aplicación de la ivermectina en animales de granja debe llevarse a cabo siguiendo las indicaciones veterinarias, con dosis adecuadas y considerando los períodos de retiro para garantizar la seguridad alimentaria. Parte de este medicamento no es optimizado por el cuerpo del animal en un 100 %, lo que implica que entre un 20 y 25 % del medicamento es excretado por el animal en su leche, orina o heces fecales. (DMVZ & Ph.D., 2023), Por ello, es importante respetar los tiempos del medicamento y seguir las instrucciones del fabricante para prevenir contaminación e intoxicaciones.

La presencia de ivermectina en el suelo afecta directamente a los escarabajos coprófagos, esenciales para la descomposición de las heces bovinas, lo que impacta la biodiversidad de insectos y la salud del suelo. Este fenómeno resalta la necesidad de implementar prácticas agrícolas sostenibles y medidas cautelosas en el uso de la ivermectina, buscando equilibrar los beneficios parasitológicos con la conservación del medio ambiente y la biodiversidad en el entorno agrícola. (Tovar, 2022)

Impacto de la Ivermectina en el Ecosistema:

El Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO) de la Universidad de Alicante advierte sobre el impacto ambiental de la ivermectina. Esta sustancia, al reducir la interacción de los escarabajos coprófagos en el ecosistema, contribuye al aumento de las emisiones de dióxido de carbono y metano. La

alteración de la biota del suelo y la fertilidad del suelo se convierten en efectos colaterales perjudiciales para la productividad agrícola. (Verdú, 2022) La disminución de la población de escarabajos coprófagos, organismos esenciales para la descomposición de las heces bovinas, genera un desequilibrio en la cadena alimentaria del suelo. Estos escarabajos, al descomponer los excrementos, contribuyen a la liberación de nutrientes esenciales y a la formación de humus, un componente fundamental para mantener la estructura y la fertilidad del suelo. (Media, 2020) La reducción de esta actividad biológica puede resultar en suelos menos fértiles y menos capaces de retener agua, afectando directamente la capacidad de los suelos para sostener cultivos saludables; Además, la liberación de dióxido de carbono y metano, como consecuencia de la ausencia de los escarabajos coprófagos, contribuye al problema del cambio climático. (Humboldt, 2029).

Manejo de Sustancias Químicas en la Ganadería:

El uso de sustancias químicas en la ganadería está sujeto a regulaciones gubernamentales destinadas a preservar la salud pública, la seguridad alimentaria y el medio ambiente.

En Colombia, la Ley 99 del 22 de diciembre de 1993 establece el marco jurídico para la gestión del medio ambiente y los recursos naturales (Ambiente, 1993). Normativas internacionales como la Directiva 96/23/CE de la Unión Europea, así como las resoluciones emitidas por el Ministerio de Salud y Protección Social y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, desempeñan un papel fundamental en la supervisión y control de la presencia de residuos de medicamentos veterinarios y contaminantes químicos en alimentos de origen animal.

Estas normativas tienen como objetivo principal salvaguardar la salud humana al regular de manera estricta el uso de sustancias químicas en la producción ganadera. En el contexto de la ganadería, donde el uso de medicamentos veterinarios es común para el control de enfermedades y plagas, la aplicación precisa y controlada de estas sustancias se convierte en una necesidad imperante.

La correcta implementación de las regulaciones no solo garantiza la calidad y seguridad de los productos de origen animal destinados al consumo humano, sino que también contribuye a prevenir la resistencia a los medicamentos y minimizar el impacto ambiental asociado con el uso descontrolado de productos químicos. (PhD, 2009)

En el ámbito internacional, el intercambio de productos ganaderos entre países exige un cumplimiento riguroso de normativas que armonicen estándares de calidad y seguridad. Establecer y seguir estos protocolos es esencial para fortalecer la confianza del consumidor y asegurar la competitividad de los productos ganaderos en los mercados globales. (Ganadero c. , 2020).

En este sentido, la gestión responsable de sustancias químicas en la ganadería no solo responde a exigencias legales, sino que también constituye una práctica esencial para el bienestar de la sociedad, la salud animal y la sostenibilidad ambiental.

Normativas Públicas en la Ganadería:

Diversas normativas públicas en Colombia establecen límites máximos para residuos de medicamentos veterinarios en alimentos de origen animal. La Resolución 0000770 de 2014, por ejemplo, proporciona directrices para la vigilancia y control de residuos en alimentos, garantizando la seguridad e indemnidad de los consumidores. (social, 2013)

La Resolución 1912 de 2017 tiene como objetivo proteger la biodiversidad y conservar especies en peligro de extinción; estas normativas constituyen pilares fundamentales para el adecuado manejo de la producción ganadera y la seguridad alimentaria en el país. (Sostenible, 2017)

La Resolución 0000770 de 2014, al establecer límites específicos para residuos de medicamentos veterinarios, asegura que los alimentos de origen animal que llegan al consumidor final cumplen con estándares de calidad y son seguros para el consumo humano; la implementación de protocolos de vigilancia y control, como los propuestos en esta resolución, resulta esencial para prevenir riesgos sanitarios y garantizar la trazabilidad de los productos ganaderos a lo largo de toda la cadena de producción. (Salud, 2014)

Por otro lado, la Resolución 1912 de 2017 refleja la preocupación por la conservación de la biodiversidad y la protección de especies en peligro de extinción. En el contexto ganadero, donde la actividad puede tener impactos ambientales significativos, esta normativa busca conciliar el desarrollo económico con la

preservación de la flora y fauna autóctona. Establecer medidas específicas para la protección de especies en peligro de extinción no solo contribuye a la conservación del entorno natural, sino que también promueve prácticas agrícolas más sostenibles y conscientes del medio ambiente. (Desarrollo, 2017)

Estas normativas, alineadas con estándares internacionales y comprometidas con la seguridad alimentaria y la conservación ambiental, resaltan la importancia de una regulación pública robusta en el sector ganadero. La implementación efectiva de estas normas no solo protege la salud de los consumidores y el medio ambiente, sino que también fortalece la reputación del sector ganadero colombiano en el ámbito nacional e internacional. (FEDEGAN, 2024)

Es importante resaltar que la continua revisión y actualización de estas normativas son cruciales para abordar los desafíos emergentes y promover prácticas agrícolas sostenibles a largo plazo.

Plan Subsectorial de Vigilancia y Control:

El Plan Subsectorial de Vigilancia y Control de Residuos de Medicamentos Veterinarios y Contaminantes Químicos en Carne Bovina 2020, desarrollado por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), ofrece datos esenciales sobre la presencia de residuos en animales y productos de origen animal en Colombia. (ICA, 2020) Este documento estratégico destaca la importancia primordial de mantener altos estándares de calidad e inocuidad en la producción y consumo de carne bovina, reconociendo la relevancia crítica de estos aspectos para la seguridad alimentaria y la salud pública.

El plan no solo tiene como objetivo identificar y monitorear la presencia de residuos de medicamentos veterinarios y contaminantes químicos en carne bovina, sino que también subraya la necesidad de implementar medidas correctivas eficaces. Estas acciones correctivas son fundamentales para prevenir riesgos sanitarios, salvaguardar la salud de los consumidores y mantener la competitividad de los productos ganaderos en el mercado nacional e internacional.

En el contexto de un entorno dinámico y cambiante, el Plan Subsectorial se posiciona como una herramienta fundamental para la toma de decisiones informadas y la mejora continua en el sector ganadero. A través de la recopilación y análisis de datos actualizados, el ICA busca identificar tendencias,

evaluar la efectividad de las prácticas existentes y proponer estrategias innovadoras para abordar los desafíos emergentes en la vigilancia y control de residuos en la carne bovina. (ICA, 2020)

Este enfoque proactivo del ICA refleja su compromiso con la seguridad alimentaria, la salud pública y el desarrollo sostenible del sector ganadero en Colombia. La colaboración entre las autoridades gubernamentales, los productores y otros actores del sector es esencial para garantizar la implementación efectiva de este plan y su capacidad para adaptarse a las demandas cambiantes del entorno agrícola y ganadero. (ICA, 2020)

Resolución 000126 de 2022:

La Resolución 000126 de 2022 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible tiene como objetivo promover la sostenibilidad y la competitividad del sector ganadero, mientras mitiga los impactos negativos en el medio ambiente. Esta resolución aborda aspectos cruciales como la trazabilidad de la producción de carne y leche, la conservación de ecosistemas y la definición de conceptos fundamentales. (Rural, 2022)

Sistemas de Información Geográfica (SIG):

El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) agrega un enfoque espacial a la investigación, permitiendo un análisis detallado de la distribución de la ivermectina y sus efectos en el suelo en la región de estudio. Los SIG son herramientas fundamentales para delimitar zonas de afectación, analizar cambios en la textura y fertilidad del suelo, y comparar propiedades del suelo en áreas con y sin presencia de ivermectina. Además, facilitan la observación y caracterización de la comunidad de escarabajos coprófagos en distintas áreas. (Adriana María Molina, 2005)

Legislación Ambiental y Biodiversidad:

La legislación ambiental, como la Ley 99 de 1993 en Colombia, establece un marco jurídico para la gestión sostenible del medio ambiente y los recursos naturales. La Resolución 1912 de 2017 se centra en la protección de la biodiversidad y la conservación de especies en peligro de extinción. Estas normativas

son esenciales para garantizar la armonía entre las actividades ganaderas y la preservación de la riqueza biológica.

Evaluación de la Calidad del Suelo:

La calidad del suelo es crucial para la productividad agrícola. La presencia de ivermectina puede alterar la movilidad de los nutrientes en el suelo, afectando la salud de los cultivos y reduciendo la productividad. Métodos como el análisis de suelos, la evaluación de texturas y la medición de nutrientes son esenciales para comprender los cambios en el suelo inducidos por la ivermectina. (Carolina Flota-Bañuelos1, 2012)

Normativas Internacionales y Seguridad Alimentaria:

Normativas internacionales, como la Directiva 96/23/CE de la Unión Europea, buscan garantizar la seguridad alimentaria al regular la presencia de residuos de medicamentos veterinarios y contaminantes químicos en alimentos de origen animal. La Resolución 0000770 de 2014 en Colombia establece límites máximos para residuos de medicamentos veterinarios, contribuyendo a la seguridad e indemnidad de los consumidores. (Salud, 2014)

Desarrollo Sustentable en la Ganadería:

La ganadería sostenible es un objetivo clave en la Resolución 000126 de 2022, que busca promover la competitividad del sector mientras se minimizan los impactos ambientales negativos. Estrategias como mejorar las rotaciones de pastoreo, crear acueductos ganaderos y controlar la movilización del ganado a ecosistemas estratégicos son fundamentales para avanzar hacia un modelo ganadero más sostenible. (Rural, 2022)

Conservación de Ecosistemas:

La Resolución 000126 de 2022 destaca la importancia de la conservación de ecosistemas en el contexto ganadero. La promoción de prácticas como evitar la deforestación y la creación de sistemas de trazabilidad de la producción busca mitigar los impactos ambientales negativos de la ganadería, contribuyendo a la conservación de ecosistemas estratégicos. (Verdú, 2022)

Herramientas de Análisis Espacial:

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas cruciales para el análisis espacial en esta investigación. Permiten la delimitación precisa de zonas afectadas por la presencia de ivermectina, así como la comparación detallada de propiedades del suelo en áreas con y sin exposición al fármaco. Además, facilitan la observación y caracterización de la comunidad de escarabajos coprófagos en distintas áreas geográficas. (Juan M. Díaz-García a, 2023)

Modelos Digitales de Elevación (DEM):

En el contexto geoespacial, el Modelo Digital de Elevación (DEM) es esencial. Proporciona información detallada sobre la topografía del terreno, lo que puede influir en la distribución de sustancias como la ivermectina en el suelo. La interpretación de DEMs permite comprender mejor la relación entre la topografía y los efectos de la ivermectina en el suelo. (Bocanegra, 2021)

Imágenes Georreferenciadas:

Las Imágenes georreferenciadas son otro componente clave de la investigación. Permiten una visualización detallada de la distribución de la ivermectina y su relación con la vegetación circundante. La georreferenciación proporciona contexto espacial para analizar patrones y tendencias, contribuyendo a una comprensión más completa de los efectos de la ivermectina en el entorno. (Carreño, 2013)

Formatos Ráster en SIG:

En el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica, los formatos ráster son fundamentales para representar datos espaciales. La información sobre la presencia de ivermectina, propiedades del suelo y la distribución de escarabajos coprófagos puede presentarse de manera eficaz mediante formatos ráster. Estos formatos facilitan la interpretación y el análisis de datos geoespaciales complejos. (TOVAR, 2020)

Análisis de Suelos:

El análisis de suelos es una práctica esencial para evaluar la calidad del suelo. Este proceso implica la recolección de muestras y la medición de propiedades físicas y químicas del suelo, proporcionando información crucial sobre su fertilidad y capacidad para sustentar la vida vegetal. En el contexto de la presencia de ivermectina, el análisis de suelos ayuda a comprender los cambios inducidos por esta sustancia. (Ganadero C. , 2022)

Evaluación de Texturas y Nutrientes del Suelo:

La evaluación de texturas y nutrientes del suelo es una parte integral del análisis de suelos. La presencia de ivermectina puede influir en la textura del suelo y en la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. Comprender estos cambios es esencial para evaluar el impacto de la ivermectina en la productividad agrícola y la salud general del suelo. (Calera, 2011)

Desarrollo Sustentable en la Ganadería:

La ganadería sostenible es un concepto central en la Resolución 000126 de 2022. Esta resolución busca equilibrar la productividad ganadera con la conservación ambiental. Estrategias como la implementación de acueductos ganaderos, la promoción de campañas contra la deforestación y la creación de un Sistema de Trazabilidad son esenciales para avanzar hacia un modelo ganadero más sostenible. (agricultura, 2022)

METODOLOGIA

Área de Estudio

La investigación se llevará a cabo en el área rural del municipio de Fresno – Tolima, específicamente en la vereda El Espejo. Para definir con precisión el área de estudio, se empleó el programa ArcGIS, utilizando los linderos y mojones topográficos de la finca correspondientes para su delimitación.

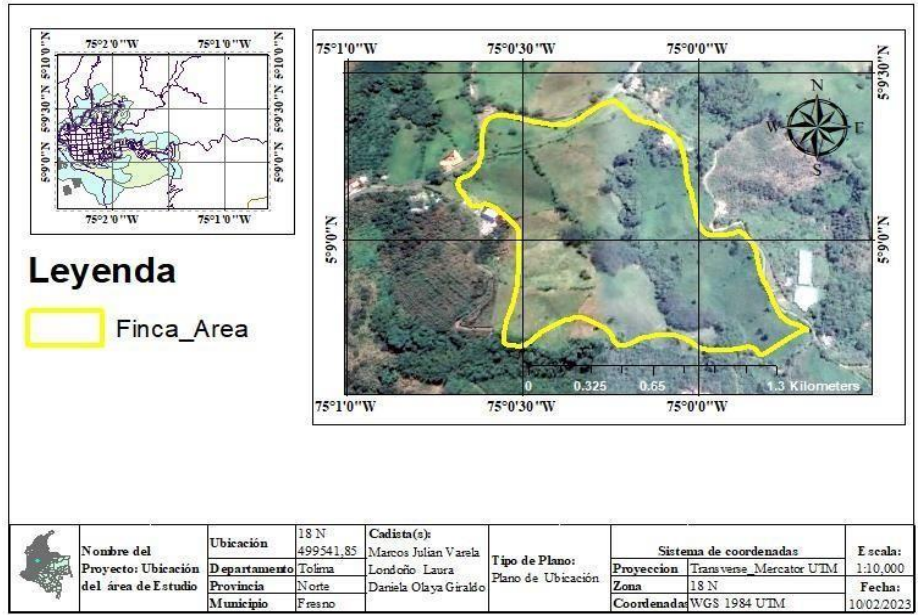


Imagen lárea de estudio. Fuente propia

Para una visualización clara del área donde se desarrollará la investigación, se adjuntan las ilustraciones 1 y 2, las cuales muestran la extensión total de la finca. Además, en la Tabla 1 se presenta cada punto del polígono con su respectiva latitud y longitud.

Tabla 1. Lista de puntos correspondientes al polígono del área de estudio. Fuente propia

Nº_Punto	Shape	Latitud	Longitud
1	Point	5.145189	-75.0009
2	Point	5.145214	-75.00098
3	Point	5.145235	-75.00106
4	Point	5.145252	-75.00115
5	Point	5.145265	-75.00124
6	Point	5.145274	-75.00133
7	Point	5.145279	-75.00143
8	Point	5.14528	-75.00153
9	Point	5.145278	-75.00163
10	Point	5.145271	-75.00172
11	Point	5.145261	-75.00183
12	Point	5.145247	-75.00195
13	Point	5.14523	-75.00207
14	Point	5.145209	-75.00219
15	Point	5.145184	-75.00232
16	Point	5.145111	-75.00267
17	Point	5.145098	-75.00272
18	Point	5.145082	-75.00277
19	Point	5.145061	-75.00283
20	Point	5.145035	-75.00289
21	Point	5.144977	-75.00301
22	Point	5.144859	-75.00323
23	Point	5.144815	-75.00332
24	Point	5.144774	-75.00341
25	Point	5.144744	-75.00349
26	Point	5.144731	-75.00353
27	Point	5.14472	-75.00358

Fase 1: Revisión y recopilación bibliográfica

En esta fase, se llevó a cabo una exhaustiva revisión sobre la Ivermectina, tanto como medicamento como contaminante. Se consideró información proveniente de los fabricantes de este fármaco, guías veterinarias, entidades gubernamentales como el ICA y el INVIMA, así como datos encontrados en revistas científicas, artículos, publicaciones científicas y foros de la comunidad científica. A partir de este análisis, se llegó a la premisa de que la Ivermectina ha sido objeto de numerosos estudios en el ámbito veterinario, pero existe una falta de información sobre los posibles daños ambientales que esta sustancia puede ocasionar.

Fase 2: Obtención y edición de Imágenes satelitales, Modelos Digitales de Elevación (DEM) y elementos cartográficos

2.1 Recolección del material cartográfico

La recolección de material cartográfico se llevó a cabo mediante la colaboración entre el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), utilizando las bases de datos disponibles en el Geoportal. Este portal proporciona información cartográfica actualizada y con estándares de calidad apropiados para esta investigación.

En particular, se utilizó dos capas cartográficas llamadas "Versión MGN2022-Nivel Municipio" y "Versión MGN2022-Nivel Departamento". Estas capas contienen shapefiles, un tipo de formato utilizado para almacenar datos geoespaciales, como puntos, líneas o polígonos, junto con sus atributos asociados. En este caso se hizo énfasis en los polígonos que representan cada departamento y municipio del país.

Al utilizar estas capas cartográficas, se representa de manera más precisa el municipio donde se encuentra el área de estudio. Esto permitió tener una visualización más completa y detallada de la información cartográfica relacionada con la investigación.

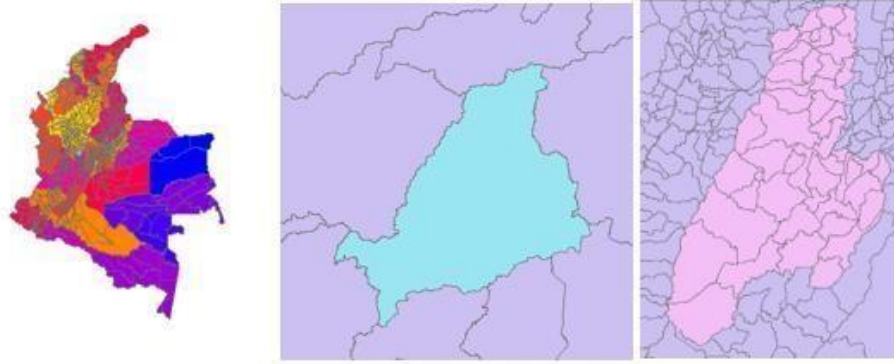


Imagen 2 Clasificación de la cartografía del área de interés. Fuente propia

En la Imagen 2 se muestra la identificación y clasificación del área de estudio en relación a la cartografía del país. En la parte central, se encuentra el mapa del municipio de Fresno. En la parte derecha, se puede apreciar el mapa del departamento del Tolima, y a la izquierda se encuentra el mapa general de Colombia.

Una vez completada la identificación y clasificación de la información del municipio y el departamento, se procedió a generar un mapa que muestra la delimitación del área de estudio y los elementos cartográficos correspondientes a esa zona, el cual se evidencia en la Imagen 3.

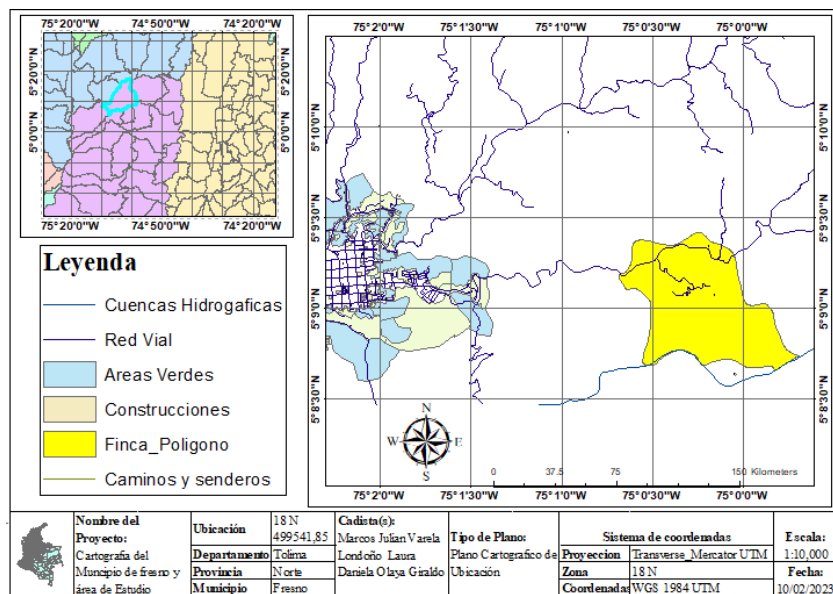


Imagen. 3 Mapa cartográfico del área de estudio y el municipio de Fresno. Fuente propia

2.2 Búsqueda y descarga de modelos digitales de elevación (DEM)

Para la búsqueda y descarga de modelos digitales de elevación (DEM) se empleó la herramienta "ASF Data Search". Esta herramienta es una base de datos de la Universidad de Alaska Fairbanks de los Estados Unidos de América. Se trata de un sitio web con una interfaz gráfica intuitiva que facilita la creación de búsquedas, el refinamiento de resultados y la descarga de datos de teledetección, geodesia y telemetría. En este caso específico, se utilizó para obtener un DEM, el cual es una representación digital de la superficie terrestre u otra área geográfica, que muestra la elevación de cada punto en forma de datos numéricos.

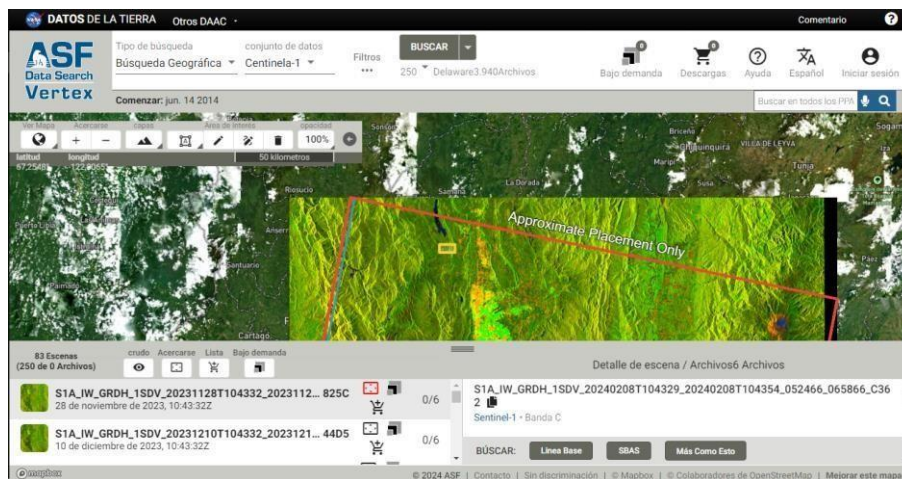


Imagen 4. Interfaz de la página de ASF data search.

Como se puede apreciar en la Imagen número 4, en color amarillo se muestra la línea que delimita el área de estudio. En rojo y azul se presentan los modelos digitales disponibles para esa ubicación. Para este análisis, se seleccionó la Imagen más pequeña en formato blanco y negro para su procesamiento en ArcGIS.



Imagen 5. Recorte y ajuste del DEM al shapefile del municipio. Fuente propia

Como se puede observar en la Imagen número 5, se llevó a cabo una depuración de la información obtenida del Modelo Digital del Terreno (DEM) mediante un corte por máscara, el cual restringió la información únicamente a la parte dentro de los límites del municipio. Sin embargo, al realizar esta edición, se evidenció que quedó una zona sin información debido a que el DEM no cubría adecuadamente el área de recorte. A pesar de este pequeño vacío, no afecta esta investigación, dado que el interés se centra en la parte oriental del municipio de Fresno.

2.3 Geoprociamiento de Imágenes y datos

El geoprociamiento, comprende un conjunto de herramientas y técnicas para la edición, configuración, análisis y representación de datos geográficos, se basa en la integración de técnicas de análisis espacial y herramientas computacionales. Esto permite realizar una variedad de tareas, como la transformación de datos geográficos, la generación de nuevos conjuntos de datos a partir de datos existentes, el análisis de patrones espaciales y la visualización de información geográfica.

Para esta investigación, se empleará el software ArcMap versión 10.5 para llevar a cabo el geoprociamiento de las capas de información geográfica y cartográfica, así como para la representación de los datos obtenidos durante el periodo de salida de campo.

2.3.1 Mapa de Pendientes

El mapa de pendientes es una representación cartográfica que ilustra la inclinación del terreno en una región específica. Este tipo de mapa expresa la pendiente en grados o en porcentaje, dependiendo del

propósito de la investigación. En el contexto de esta investigación, se calculará la pendiente en porcentaje, siguiendo la tabla de clasificación de pendientes proporcionada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Los datos utilizados para generar estos mapas se derivan de modelos digitales de elevación (DEM), obtenidos mediante técnicas como la fotogrametría, el LIDAR (Light Detection and Ranging) o la interferometría de radar. A partir de estos datos, se aplican algoritmos para calcular la pendiente en cada

punto del terreno, lo que permite crear una representación visual clara y precisa de la topografía de la zona en cuestión.

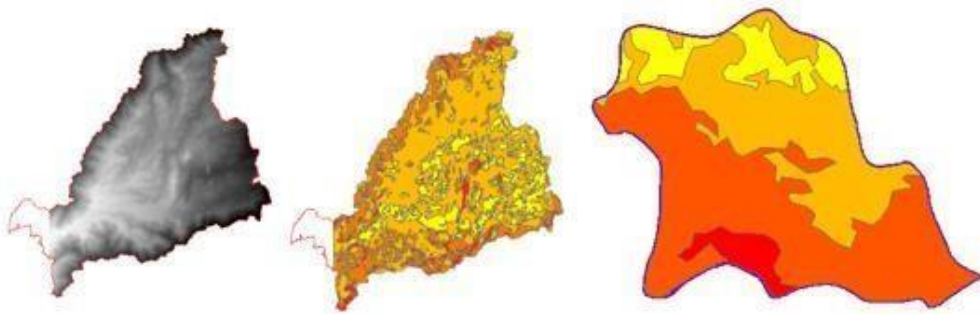


Imagen 6. Creación de mapa de pendientes a partir de un DEM. Fuente propia

Tabla 2. Clasificación de la pendiente con respecto a la horizontal del terreno. IGAC 2022

Rango en %	Categorías
0-3 %	Plano
3-7%	Ligeramente Plano
7-12%	Ligeramente Inclinado
12-25%	Fuertemente Ondulado
25-50 %	Fuertemente Quebrado
50-75 %	Escarpado
>75 %	Muy Escarpado

En la tabla 2 se muestra la clasificación de la pendiente según el porcentaje de inclinación del terreno en el área de interés. Se puede observar una variación de pendientes que van desde ligeramente inclinadas hasta muy escarpadas. Predominando una pendiente con características escarpadas y fuertemente quebradas, como se puede apreciar en el mapa de pendientes.

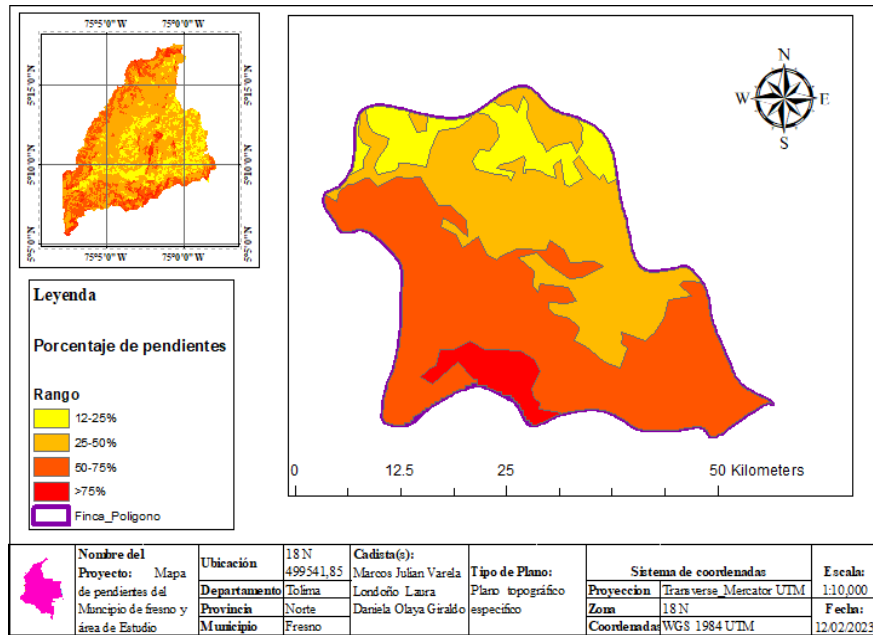


Imagen 7. Mapa de Pendientes del área de interés. Fuente Propia

Fase 3: Salida a campo.

En este estudio se llevó a cabo dos salidas al campo, durante las cuales se recopilaban datos biológicos de escarabajos coprófagos y muestras de suelo. Es importante destacar que en ambas salidas se consideraron tanto el área de ganadería como el área de agricultura, con el fin de facilitar una comparación más equitativa entre ambas zonas.

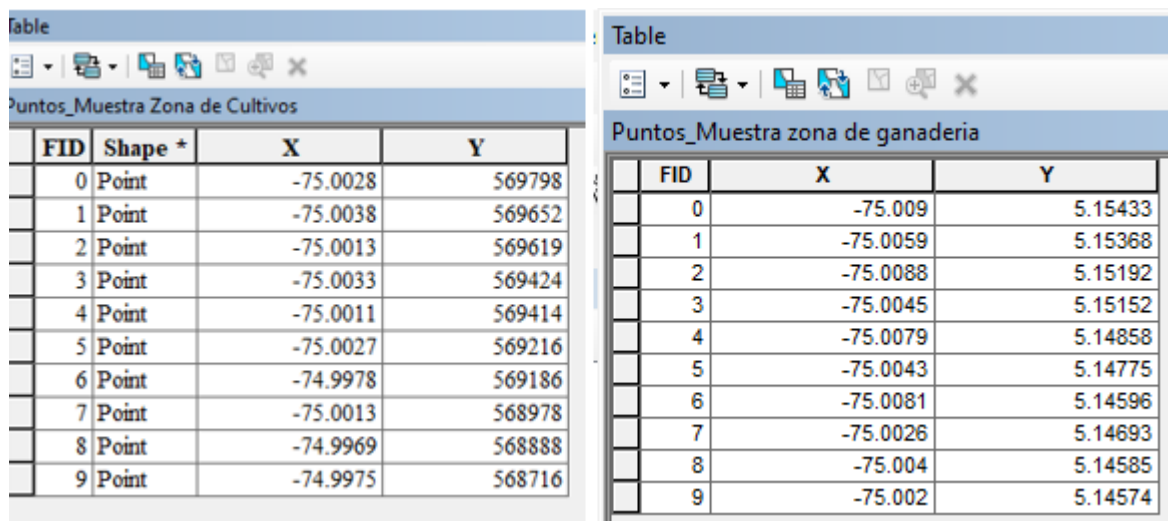
La decisión de realizar dos salidas al campo surgió como un método para establecer un control en la zona de ganadería. Esto se debió a que ambos registros debían coincidir con el período de aplicación de la Ivermectina, permitiendo así examinar el espectro y el comportamiento de los escarabajos, así como los niveles de nutrientes en el suelo en relación con las diferentes concentraciones de este agente contaminante. Además, se tuvo en cuenta el área de cultivo para determinar si existía migración de la sustancia desde la zona de ganadería hacia la zona de cultivo.

Este enfoque metodológico permitirá obtener una visión más completa de los efectos de la Ivermectina en los escarabajos coprófagos y en la calidad del suelo en ambos entornos, lo que a su vez proporcionará

información valiosa para comprender el impacto ambiental de esta práctica en las áreas de ganadería y agricultura.

De acuerdo con lo anterior, se realizó un mapa con los puntos estratégicos en donde se tomaron las muestras tanto biológicas como muestras de suelo; la dispersión de estos datos se hizo con el método “Al azar” el cual consiste en recorrer las zonas en Zigzag de tal forma que se recubra toda el área de estudio.

Después de recopilar los puntos, se llevó a cabo una representación en ArcGIS con el fin de determinar las coordenadas de cada uno. Esta acción garantiza que, al salir al campo, se pueda ubicar sin dificultad, utilizando herramientas de geolocalización. En este sentido, utilizamos la aplicación de Google Maps, la cual nos permitió realizar búsquedas tanto por coordenadas planas (X e Y) como por longitud y latitud.



FID	Shape *	X	Y
0	Point	-75.0028	569798
1	Point	-75.0038	569652
2	Point	-75.0013	569619
3	Point	-75.0033	569424
4	Point	-75.0011	569414
5	Point	-75.0027	569216
6	Point	-74.9978	569186
7	Point	-75.0013	568978
8	Point	-74.9969	568888
9	Point	-74.9975	568716

FID	X	Y
0	-75.009	5.15433
1	-75.0059	5.15368
2	-75.0088	5.15192
3	-75.0045	5.15152
4	-75.0079	5.14858
5	-75.0043	5.14775
6	-75.0081	5.14596
7	-75.0026	5.14693
8	-75.004	5.14585
9	-75.002	5.14574

Imagen 8. Tabla con las coordenadas de cada punto de muestreo. Fuente propia

En la Imagen 8 se muestran las coordenadas planas de cada punto de muestreo, las cuales fueron utilizadas para tomar las muestras biológicas y de suelo. Es relevante destacar que tanto las trampas para la captura de organismos como la recolección de muestras de suelo se llevaron a cabo en los mismos puntos. Este enfoque se adoptó con el propósito de mantener un control coherente en relación con los resultados esperados.

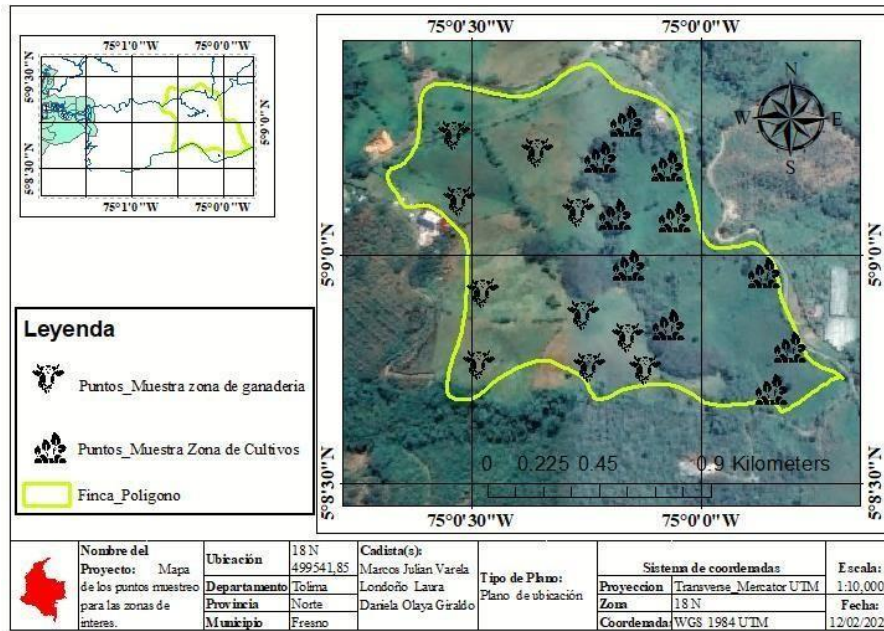


Imagen 9. Mapa de Puntos de muestreo para las zonas de interés. Fuente Propia

En la Imagen 9 se puede apreciar la capa de puntos que representa tanto la zona ganadera como la zona de cultivo. Estos puntos están dispuestos en un orden de norte a sur, lo cual fue estratégicamente planificado para asegurar que tanto la recolección como la clasificación de las muestras se llevaran a cabo siguiendo este orden. Esta metodología se implementó con el objetivo de garantizar que todas las trampas tuvieran el mismo tiempo de exposición, lo cual es crucial para mantener la coherencia en los resultados obtenidos.

3.1 Recolección de los organismos biológicos

En esta fase de la investigación, se optó por el uso de trampas de caída debido a que son mecanismos que permiten capturar la mayor cantidad de insectos con una mínima cantidad de cebo. Estos dispositivos consisten en contenedores o recipientes que contienen un líquido atrayente, como agua y comida, o bien

pegamento, que atraen a los insectos y los capturan cuando caen en el recipiente. Estas trampas pueden ser utilizadas para monitorear la presencia y densidad de insectos en un área específica, lo cual es útil en estudios de población, control de plagas o investigación entomológica.

Es importante mencionar que, dependiendo del tipo de insecto o espécimen que se quiera atrapar, se deberá utilizar un tipo de atrayente adecuado, ya que este tipo de trampas no son selectivas y pueden atrapar insectos no deseados, lo que limitaría el enfoque en el insecto de interés.

Para esta investigación, se empleó un atrayente natural compuesto por heces fecales humanas y de cerdo mezcladas en una proporción de 50/50. Esto se hizo con el fin de ofrecer a los escarabajos coprófagos un cebo más palatable y así garantizar la recolección de los especímenes.

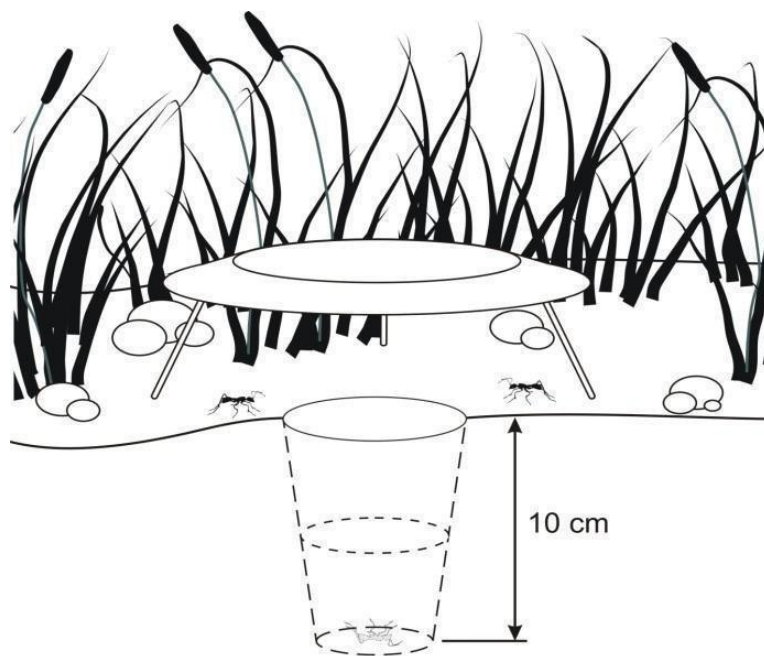


Ilustración 01. Grafico de Trampa de Caída para insectos, Fuente https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Esquema-general-Trampa-de-caida-Elaborado-por-Christian-Salas_fig4_257197198

En la Imagen 10 se muestra el esquema de una trampa de caída conocida como "Fall Down". En las ilustraciones 11 y 12 se ilustra cómo se ensamblaron estas trampas para la recolección de escarabajos. En este caso, se utilizó un hueco en el suelo al que se le añadió un vaso plástico en su interior para capturar los insectos. El vaso está cubierto por un embudo que facilita que los insectos se deslicen hacia él. Encima del vaso, se suspende una copa en un palito de madera, donde se coloca el atrayente para los insectos.

Además, se colocaron dos palitos de madera que sostienen un plato de icopor. Este plato sirve para evitar que la trampa se inunde en caso de lluvia y permite que el cebo conserve su humedad al estar expuesto a la intemperie.

Es crucial mantener la humedad del cebo en todo momento, ya que el aroma de este atrayente es lo que guía a los insectos hacia la trampa. Para garantizar esta humedad, se decidió utilizar orina humana como disolvente del cebo, lo que resultó en una textura más líquida que permite mantener una humedad constante para aumentar la efectividad de la trampa. Dado que el cebo tiene una consistencia tan líquida, fue necesario emplear una bolsa tipo ziplock y hacer un pequeño agujero en una esquina para dispensar el atrayente de manera sencilla y evitar la contaminación cruzada debido al uso de heces fecales como cebo.



Imagen 10. Instalación de Trampas en el Área de Estudio. Fuente Propia

Luego de ubicar las trampas en el lugar asignado, se procedió a esperar 24 horas para la recolección de los insectos. Como se mencionó anteriormente, las trampas se recogieron en el orden de instalación con el fin de asegurar que todas permanecieran activadas durante el mismo período de tiempo.

Del mismo modo, el periodo de espera se desarrolló teniendo en cuenta las horas que permanecería húmedo el cebo, recordando que de esto depende la efectividad de la trampa. En el caso del área de estudio, esta presenta una temperatura entre los 16°C y los 28°C en su punto más alto. Teniendo en cuenta la última temperatura, se considerará que el atrayente dejará de ser efectivo pasadas las 25 horas.

Por consiguiente, se desmontaron las trampas y se procedió a recolectar y separar los insectos según su zona de encuentro. Para evitar que los insectos salgan volando al momento de recogerlos, se utilizó etanol al 90% de grado industrial. Esto garantizó que los insectos no escaparan y que su sacrificio fuera menos traumático. Según algunas guías entomológicas, el alcohol estándar, que tiene una concentración del 70%, demora en provocar la muerte entre 6 y 10 minutos.

En cambio, el etanol al 90% tiene un tiempo de muerte entre los 5 y 60 segundos, lo que significa que el insecto experimenta una muerte mucho más rápida y digna.

Los especímenes se depositaron en bolsas tipo ziplock las cuales se rotularon con el número de trampa y la zona de procedencia, zona de ganadería o zona de cultivo, además añadió el número de especímenes recolectados; cómo se puede observar en la Imagen 12.



Imagen 11. Recolección de insectos en campo. Fuente Propia

Para la conservación de los especímenes, se depositaron los insectos en frascos con formol y alcohol. Esto se hizo para prevenir la putrefacción de los escarabajos recolectados, ya que el formol y el alcohol tienen propiedades antifúngicas, antimicrobianas y antivirales que aseguran una conservación adecuada.

Además, permiten que el bajo contenido de humedad presente en las estructuras de los insectos, como el exoesqueleto y la cutícula quitinosa, se evapore por la acción de estos químicos.

Sin embargo, el formol y el alcohol caducan rápidamente porque los frascos no están sellados al vacío. Si lo estuvieran, los escarabajos podrían deformarse o romperse. Por lo tanto, es necesario cambiar el líquido de conservación cada 3 meses para evitar la putrefacción de las muestras y asegurar su integridad.



Imagen 12. Líquido de conservación. Fuente Propia

La Imagen 13 muestra la solución utilizada para conservar los especímenes recolectados, del mismo modo en la Imagen 14 se enseña los especímenes sumergidos en esta solución: Ésta mezcla se empleó con el propósito de preservar su integridad y características físicas. Este método de preservación es esencial en la investigación entomológica, ya que permite estudiar y analizar detenidamente la morfología y características de los especímenes recolectados.



Imagen 13. Escarabajos en suspensión de conserva. Fuente Propia

Los escarabajos se dejaron en conservación líquida durante 6 meses para eliminar cualquier rastro de humedad que pueda contener. Una vez transcurrido este período de curado de los exoesqueletos, se llevó a cabo un montaje entomológico básico. Esto permite preservar los insectos en condiciones secas y óptimas para una visualización más precisa. Debido a que la inmersión en la solución de conservación, hincha los cuerpos de los insectos, lo que dificulta apreciar su apariencia original.

Después del período de curado, los insectos se retirarán de la solución de conservación y se dejarán secar al aire libre. Esto permitió que los cuerpos se drenaran del exceso de líquido presente en la muestra. Este proceso asegura que los especímenes se conserven de manera adecuada y se preparen para su posterior análisis y exhibición.



Imagen 14.. Secado de los especímenes curados. Fuente Propia

La Imagen 15 muestra el proceso de secado al aire libre de los escarabajos. En este caso, se utilizó papel secante para extraer más fácilmente el líquido de conservación y evitar encharcamientos durante el montaje. Una vez finalizado el tiempo de secado de las muestras biológicas, se procede a realizar el montaje entomológico.



Imagen 15. Escarabajo coprófago después del proceso de curado. Fuente Propia

Este montaje consta de atravesar al insecto con un alfiler entre la parte abdominal, específicamente entre el primer y segundo par de patas en el lado derecho. Este procedimiento debe realizarse de manera uniforme en todos los especímenes, independientemente de su tamaño, ya que es el estándar utilizado en los montajes entomológicos para diferenciar este insecto de otros.

Una vez perforado el escarabajo, se procede a ubicarlo en la caja entomológica. Esta caja está fabricada con madera para disipar la humedad que pueda acumularse con el tiempo. Además, el interior de la caja está revestido con icopor, lo que permite insertar los especímenes sin que sufran daños.

Se optó por este material debido a que es inerte, poco reactivo, no conserva la humedad y es muy ligero; además, está envuelto en una tela compuesta por un 50% de algodón y un 50% de poliéster, que ayuda a absorber la posible humedad que los especímenes puedan desprender después de ser perforados y colocados en la caja.

La caja debe estar provista de una tapa, a la cual se le aplica una mezcla de cipermetrina y terpenos naturales que le confieren un olor dulce y alejan las plagas del interior. Se eligió la cipermetrina debido a su nula toxicidad para los mamíferos y su capacidad para mantener alejadas las plagas de la caja entomológica durante aproximadamente 5 meses.



Imagen 16. Proceso del montaje final de los especímenes. Fuente propia

3.2 Recolección de las muestras de suelo.

En esta etapa de la investigación, se emplearon los mismos puntos y ubicaciones utilizadas para el muestreo de las muestras biológicas. Sin embargo, en esta ocasión, se implementó una metodología diferente.

Para recolectar una muestra de suelo, se llevó a cabo una dispersión al azar en zigzag del área que se deseaba estudiar, con el objetivo de abarcar la totalidad del terreno. Se decidió utilizar el mismo hoyo donde se instalaron las trampas de escarabajos para tomar la muestra de suelo, siguiendo los parámetros establecidos por el laboratorio de suelos y agrología de la Universidad de Caldas. Estos parámetros incluyen:

- El hoyo no debe superar los 25 cm de profundidad desde la superficie.
- Se deben evitar aplicar fertilizantes durante al menos 2 meses antes de tomar la muestra.
- La muestra debe contener exclusivamente suelo, sin presencia de materia orgánica sin descomponer, como hojas, ramas, palitos o cáscaras, etc...
- Una vez finalizado el muestreo, la muestra debe homogeneizarse.
- Se debe tomar una porción de suelo entre 150 y 200 gramos por cada punto de muestreo.
- La muestra no debe almacenarse por más de 2 semanas para evitar la pérdida de propiedades físico-químicas.
- La muestra final debe pesar 1 kilogramo.

Es importante destacar que este método de selección es válido únicamente para suelos que presenten características de color y textura similares. En caso contrario, es preferible tomar muestras separadas y no mezclarlas entre sí. Además, estas muestras se recolectarán en un período en el que hayan transcurrido al menos 3 meses desde la última aplicación de ivermectina en el ganado y 2 meses desde la última aplicación de pesticidas y fertilizantes. Esto es crucial, ya que las sustancias añadidas al suelo, como


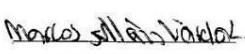
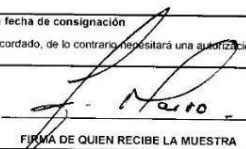
fertilizantes, pesticidas y desparasitantes, pueden afectar la composición de la materia orgánica y los minerales presentes en las muestras, lo que podría alterar los resultados del análisis.



Imagen 17.. Excavación para la recolección de muestras de suelo. Fuente propia

En la Imagen 18 se muestra cómo se excava para recolectar las muestras de suelos para después pasar al proceso de homogeneización.

Finalizada la toma de muestras de suelo, se procede a empacar las muestras finales en bolsas tipo ziplock en este caso se tomaron dos muestras una correspondiente a la zona ganadera y la otra correspondiente a la zona de cultivo; estas muestras se rotulan y se envían al laboratorio de suelos y agrología de la universidad de Caldas.

		FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS	
		LABORATORIO DE QUIMICA Y FERTILIDAD DE SUELOS	
		FORMATO SOLICITUD DE ANALISIS Y RECIBO DE MUESTRAS	
		Código: FO-02-05	Página 1 de 1
FECHA: 24/10/2023		Item diligenciado por el Laboratorio	
		Solicitud Nro: 16206 - 16207.	
IDENTIFICACION DE LA PERSONA O ENTIDAD QUE REMITE LA MUESTRA			
Nombre: Marcos Julian Varela Londoño		Dirección: EL RECREO	
Teléfono: 3134725982		Departamento: Tolima	Municipio: Fresno
Correo Electrónico: marcos.varela@ucm.edu.co		Finca: El Recreo	Vereda: El Espejo- antiguamente vereda mireya
ANALISIS SOLICITADO			
Completo <input checked="" type="checkbox"/>		Ca, Mg, K, Na NTC 5349 (Absorción Atómica)	Azufre NTC 5402 (Turbidimétrico)
pH NTC5264 (Potenciométrico)		Fe, Mn, Zn, Cu (Absorción Atómica)	Textura (Bouyoucos)
Materia Orgánica NTC 5403 (Colorimétrico)		Aluminio (Titulación)	
Fósforo NTC 5350 (Bray II Modificado)		Boro NTC 5404 (Azometina - H)	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			
Numero de muestras:	2	Tipo de Muestra: Al Azar	
Fecha de muestreo:	22/10/2023		
	Detalle	Muestra	Muestra
Consecutivo (s):		16206	16207.
Nombre del lote		Zona Ganadera	Zona de Cultivo
Superficie aproximada del lote		1 Ha	1 Ha
Altura en m. sobre el nivel del mar		1250 MSNM	1250 MSNM
Drenaje (bueno, regular, pobre)		Buena	Regular
Topografía plana (Pl), ondulada (On), pendiente (Pe)		Pendiente	Ondulada
Cal agregada Ton/ha fecha		No Aplica	No Aplica
Va a aplicar riego		No Aplica	No Aplica
Ultimo cultivo o cultivo actual		Suelo de Ganaderia	Plantano y Aguacate
Rendimiento cosecha (buena, regular, mala)		No Aplica	Buena
Fecha ultima fertilización		No Aplica	No Aplica
Fertilizantes agregados al ultimo cultivo		No Aplica	No Aplica
Temperatura de la región		25°C	25°C
Precipitación		110 mm	110 mm
Aplicación de pesticidas		No Aplica	No Aplica
Otras prácticas agrícolas		No Aplica	No Aplica
Edad del cultivo		No Aplica	10 años
Sombrio		No	No
Observaciones: Ninguna			
FECHA DE ENTREGA DEL RESULTADO: Los resultados se entregaran 20 días hábiles despues de la fecha de consignación			
Nota: el resultado será entregado solo a la persona o entidad que remite la muestra en el plazo de entrega acordado, de lo contrario necesitará una autorización por parte de este para su entrega.			
 FIRMA DEL SOLICITANTE		 FIRMA DE QUIEN RECIBE LA MUESTRA	

Calle 65 No 26-10 Edificio de Laboratorios y Equipos. E - 512 . Teléfono 8781500 Ext 14304 Email : labsuelos@ucaldas.edu.co

Imagen 18.. Formato de solicitud de muestras para análisis de suelos de la universidad de Caldas.

En la Imagen 19 se presenta el formato utilizado por la Universidad de Caldas para solicitar un análisis de suelos. En este formato, se pueden realizar el análisis de hasta 4 muestras por cada solicitud. En el caso de esta investigación, se enviaron 2 muestras de suelo correspondientes al área de ganadería con el código 16206 y al área de cultivo con el código 16207.

Este formulario requiere el diligenciamiento de datos generales sobre la zona de donde proviene la muestra, como el clima, la temperatura promedio, la elevación y el tipo de terreno. Además, se

especifica el tipo de análisis solicitado. Este proceso garantiza que se obtenga la información necesaria para realizar un análisis preciso y detallado de las muestras de suelo enviadas a la universidad.

Análisis físico-químico

El análisis físico-químico del suelo es una herramienta fundamental en la caracterización y comprensión de las propiedades y condiciones del suelo en un área específica. (Atencia, 2017) Este tipo de análisis proporciona información detallada sobre la composición física y química del suelo, lo que permite evaluar su fertilidad, estructura, textura, capacidad de retención de agua; En la siguiente tabla se muestra todas las variables que se tienen en cuenta en el análisis de la muestra de suelos de la universidad de Caldas:

Tabla 3. variables del estudio de suelo. Fuente propia

Método utilizado	Importancia en el suelo/plantas
Potenciométrico (NTC 5264)	Es una propiedad química que determina lo ácido o alcalino que puede llegar a ser un suelo, esto es significativo para el crecimiento de microorganismos y plantas. Normalmente su rango está entre 5.5 a 7.0 siendo el rango ideal entre 6.0 y 6.5.
Absorción Atómica (NTC 5349)	El calcio contribuye a mantener la estructura del suelo cumpliendo la función de mantener las partículas agrupadas de una forma correcta logrando, el paso del aire, agua y otras sustancias; lo que mejora las condiciones de cultivo.
Absorción Atómica (NTC 5349)	Forma puentes con el calcio dando estructura al suelo evitando que se apelmace, además aumenta la disponibilidad de otros nutrientes.
Absorción Atómica (NTC 5349)	El potasio es el encargado de promover la actividad enzimática de las células que hay en las raíces de las plantas haciendo que estas crezcan más; además fomenta el equilibrio anión-catión lo que ayuda a las funciones biológicas de las plantas como lo son: fotosíntesis, actividad estomática y transporte de energía.
Absorción Atómica (NTC 5349)	El sodio regula el pH ácido del suelo, es un nutriente muy común en las zonas áridas y muy escaso en los suelos húmedos, tiene la particularidad de ser hidrolizado por el agua y el CO ₂ liberando hidroxilos los cuales alcalinizan el suelo, lo que causa un aumento en el pH.
Absorción Atómica	Es un micronutriente importante para la fisiología de las plantas, además su presencia en el suelo es fácil de identificar ya que tiñe el suelo de un color rojizo

	o cobrizo, el hierro normalmente está acompañado con materia orgánica y manganeso.
Absorción Atómica	Este nutriente se encuentra normalmente como un óxido, el manganeso es crucial para el pH y las reacciones de óxido reducción que ocurren en el suelo, este mineral es escaso en suelos arenosos húmidos y en suelos orgánicos con alto contenido en carbonatos; su función en el cultivo es acelerar el metabolismo de las plantas, así como crear enzimas a partir de otros elementos como hierro, calcio, magnesio.
Absorción Atómica	Es el elemento encargado de la síntesis de carbohidratos en la fotosíntesis, es decir, la transformación de azúcares en almidones, además regula la producción de hormonas en las plantas, este mineral es muy común en los suelos arenosos y es muy escaso en suelos arcillosos, el zinc es inversamente proporcional al pH, lo que indica que cuando el pH aumente el zinc disminuye.
Absorción Atómica	Es un micronutriente el cual tiene como función reducir las enfermedades en el cultivo, mejorar la calidad de los frutos en características organolépticas y aumenta el estímulo del fototropismo, además reduce la toxicidad de algunos nutrimentos como son el zinc y el calcio.
Bray II Modificado (NTC 5350)	Es un nutriente que se fija por medio de las partículas de materia orgánica, su deficiencia provoca hojas de color morado, el fósforo se encuentra en materia orgánica como estiércol, gallinazas, paja de trigo y maíz. El fósforo cumple la función de formar micorrizas, en otras palabras, se encarga de crear una asociación entre los hongos y las raíces de planta, esto es de mucha importancia pues genera una mejor producción agrícola y mantiene las raíces en un estado saludable con crecimiento notorio.
Titulación	El aluminio es un elemento que por su naturaleza de reaccionar es tóxico para las plantas y limita la maduración del suelo, el aluminio reacciona con los iones de magnesio, hidrógeno disperso, potasio y calcio, por otro lado, las plantas tienen mecanismos de defensa para las concentraciones de aluminio tóxico en el suelo, esta defensa consta de volver la raíces impermeable para los iones de aluminio o encapsular las trazas de aluminio en las vacuolas de las células vegetales, sin

	<p>embargo esto puede causar un envenenamiento a largo plazo y alterar el crecimiento de las raíces de las plantas.</p>
<p>Azometina – H (NTC 5404)</p>	<p>Es un nutriente que participa en el metabolismo de las plantas ayudando a eliminar los fenoles de la membrana celular, ya que los fenoles son perjudiciales para el desarrollo de las raíces, del mismo modo el boro actúa como un protector del sistema radicular evitando la entrada de patógenos, el boro permite la fijación del nitrógeno en el suelo, este elemento se ve afectado por la presencia de aluminio en el suelo.</p>
<p>Turbidimétrico (NTC 5402)</p>	<p>El azufre es un elemento secundario y está involucrado en la mayoría de las funciones metabólicas de la planta como: síntesis de aminoácidos y vitaminas, elaboración de enzimas y coenzimas, además tiene funciones de defensa y desintoxicación de las plantas, también cumple el papel de proteger las células vegetales de las sequías evitando la deshidratación y los daños causado por el frío.</p>
<p>Colorimétrico (NTC 5403)</p>	<p>La materia orgánica es una mezcla compuesta de sustancias orgánicas provenientes de restos de organismos los cuales pasaron por un proceso de compostaje o degradación, la materia orgánica es rica en nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio y calcio entre otros micro y macro nutrientes, esto hace que la materia orgánica sea en un factor importante cuando se habla de disponibilidad de nutrientes en el suelo.</p>
<p>Bouyoucos</p>	<p>Es una propiedad física del suelo que por medio de los porcentajes de arcilla, limo y arena determina qué tipo de textura tiene el suelo y como va a ser su comportamiento con respecto a la retención de agua, disolución de nutrientes, aplicación de fertilizantes entre otros factores.</p>

RESULTADOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS										
LABORATORIO DE QUÍMICA Y FERTILIDAD DE SUELOS										
Calle 85 No 26-10 Edificio Laboratorios y Equipos, E - 512 Teléfono 8781500 Ext 14 364										
E mail: lab_suelos@ucaldas.edu.co										
Versión: 3										
Código: FO-02-01										
Cliente: MARCOS JULIAN VARELA LONDOÑO					Informe No.					
Dirección: EL RECREO					Teléfono: 3134725982			16206-16207		
Departamento: Tolima					Municipio: Fresno			Fecha de Rec. Oct. 2023		
Vereda: El Espejo					Finca: El Recreo			Fecha de entrega: Nov. 17/23		
	Unidades	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Niveles de Referencia			
		16206	16207	16208	16209	16210	Bajo	Medio	Alto	
pH		5.4	5.9							
Aluminio	cmol(+)/kg	0.04	B	1.12	A	ND	ND	< 0.24	0.24 - 0.48	> 0.48
Nitrógeno	%	0.07	B	0.57	B			< 33.33	33.33-60.0	> 60.0
M. Orgánica	%	5.0	M	0.09	B	ND	ND	< 0.1	0.1 - 1.0	> 1.0
Clima Frio	%					ND	ND	< 5.0	5.0-10.0	> 10.0
Clima Medio	%					ND	ND	< 3.0	3.0 - 5.0	> 5.0
Clima Cálido	%	1.22	B	3.5	A	ND	ND	< 2.0	2.0-3.0	> 3.0
Fósforo	mg/kg	17.83	B	25.02	M	ND	ND	< 20.0	20.0-40.0	> 40.0
Potasio	cmol(+)/kg	0.35	M	0.41	A	ND	ND	< 0.2	0.2 - 0.4	> 0.4
Calcio	cmol(+)/kg	0.85	B	1.5	B	ND	ND	< 3	3.0-6.0	> 6.0
Magnesio	cmol(+)/kg	0.39	B	1.4	M	ND	ND	< 1.5	1.5-2.5	> 2.5
Sodio	cmol(+)/kg	0.021	B	0.07	B	ND	ND	< 0.5	0.5-1.0	> 1.0
Hierro	mg/kg	17.3	B	31.92	M	ND	ND	< 25	25.0 - 50.0	> 50.0
Manganeso	mg/kg	1.30	B	3.0	M	ND	ND	< 5.0	5.0 - 10.0	> 10.0
Zinc	mg/kg	0.61	B	2.0	M	ND	ND	< 1.5	1.5-3.0	> 3.0
Cobre	mg/kg	0.83	B	2.5	M	ND	ND	< 1.5	1.5 - 3.0	> 3.0
Azufre	mg/kg	28.45	A	28.37	A	ND	ND	< 10.0	10.0 - 20.0	> 20.0
Boro	mg/kg	0.15	B	0.60	M	ND	ND	< 0.2	0.2 - 0.4	> 0.4
Arena	%	65		65				Calificación: B=bajo; M=Medio; A=Alto; ND= No Determinado		
Limo	%	24		20						
Arcilla	%	11		15						
Textura		FA		FA						


MÉTODOS DE ANÁLISIS	CLASIFICACIÓN TEXTURA
pH : NTC 5264-2004 Potenciométrico.	F- Franco
Aluminio: Titulación	A- Arenoso
Nitrógeno, Materia Orgánica: NTC 5403-2008 Oxidación húmeda y cuantificación por Colorimetría	Ar- Arcilloso
Fósforo Disponible: NTC 5350-2005 Extracción Bray II y Cuantificación por colorimetría.	L- Limoso
Ca, Mg, K, Na: NTC 5249-2006 Extracción Acetato de Amonio 1N pH 7 Absorción Atómica.	F-A Franco Arenoso
Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre: Absorción Atómica.	A-F Arenoso Franco
Azufre: NTC 5402-2006 Extracción Fosfato Monocálcico Turbidimétrico.	F-Ar Franco Arcilloso
Boro: NTC 5404-2006 Extracción con Fosfato monobásico de calcio Azometina-H Colorimetría.	F-Ar-A Franco Arcilloso Arenoso
Textura: Bouyoucos	F-Ar-L Franco Arcilloso Limoso
Observaciones:	
Analista:  ANDERSON AGUIRRE BUFRAGO	
Calle 85 No 26-10 Edificio de Laboratorios y Equipos, E - 512. Teléfono 8781500 Ext 14304 Email: lab_suelos@ucaldas.edu.co	

Imagen 19. Formato de solicitud de muestra de suelo de la universidad de Caldas.

Una vez se obtienen estas variables en cada muestra de suelo se procede a hacer una comparación entre muestra y muestra para así determinar la influencia de la ivermectina en el suelo.

Zona ganadera	Zona de Cultivo	Ph acido	Ph neutro	Ph basico
5,4	6,9	6,5	7,3	9

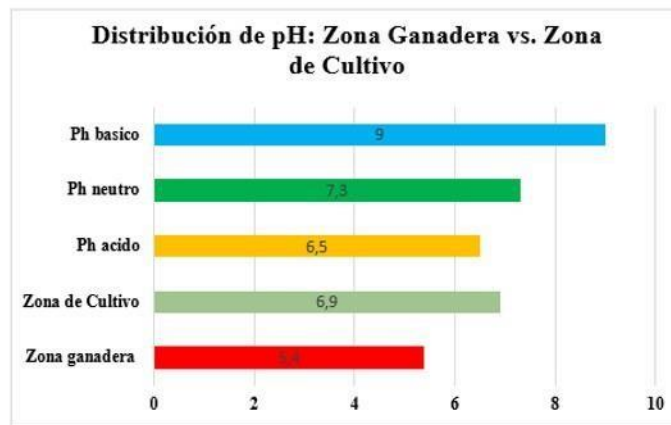


Imagen 20. Grafica de potencial de hidrogeno (pH). Fuente propia

En la Imagen 21 se presentan los valores correspondientes al pH del suelo. Es importante destacar que el pH del suelo no puede considerarse ideal de manera absoluta, ya que su importancia varía dependiendo de la actividad agrícola o uso específico del suelo. Según la bibliografía consultada, se considera que un pH básico tiene un valor de 9, mientras que un pH ideal para la actividad agropecuaria es de alrededor de 7,3. Por otro lado, un pH ácido se sitúa en torno a 6,5.

Los resultados indican que el pH en la zona de cultivo es de 6,9, mostrando una tendencia hacia un suelo cercano al ideal para la producción agropecuaria. Por otro lado, en la zona ganadera, el pH se registró en 5,4, indicando un suelo con tendencia ácida. Esta discrepancia es coherente, ya que la presencia de compuestos azufrados en la zona ganadera, principalmente provenientes de la orina y heces de los animales, tiende a acidificar el suelo a diferencia de la zona de cultivo que no presenta un exceso en estos

compuestos.

Aluminio	
Zona Ganadera	0,04
Zona de Cultivo	1,12
Concentración Ideal	1,05

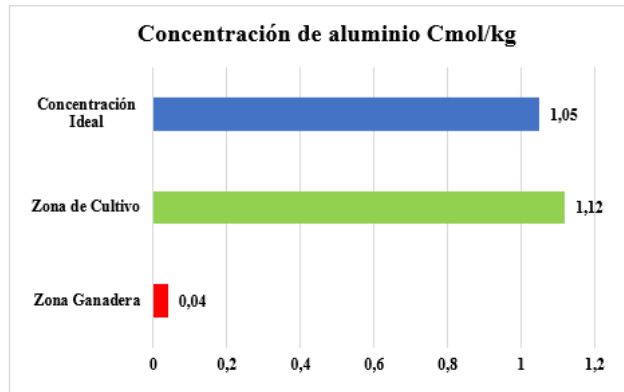


Imagen 21. Gráfica de concentración de aluminio en Cmol/ Kg. Fuente Propia

La Imagen 22 muestra una gráfica que representa la concentración de aluminio en Cmol/kg en el suelo. Cmol/kg es una medida que indica la cantidad de centimoles de carga por kilogramo de suelo. Es importante destacar que la concentración ideal de aluminio en el suelo es de 1,05 Cmol/kg. En el caso específico de nuestra zona de cultivo, se ha registrado una concentración ligeramente superior, alcanzando un valor de 1,12 Cmol/kg. Por otro lado, en la zona dedicada a la ganadería, la concentración de aluminio es significativamente menor, registrando un valor de apenas 0,04 Cmol/kg.

El aluminio desempeña un papel crucial en la salud y la fertilidad del suelo. Aunque es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, altas concentraciones de aluminio pueden resultar tóxicas y afectar negativamente la disponibilidad de nutrientes para las plantas, así como la estructura y la capacidad de retención de agua del suelo.

Potasio	
Zona Ganadera	0,35
Zona de Cultivo	0,41
Concentración Ideal	0,45

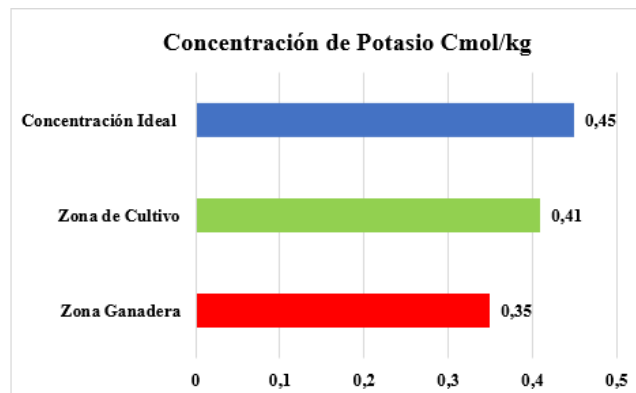


Imagen 22. Gráfica de concentración de Potasio en Cmol/ Kg. Fuente Propia

La Imagen 23 muestra una gráfica que representa la concentración de potasio en Cmol/kg en el suelo. De acuerdo al análisis de suelo la concentración ideal de potasio en el suelo es de 0,45 Cmol/kg. En el caso específico de nuestra zona de cultivo, se ha registrado una concentración ligeramente inferior, alcanzando un valor de 0,41 Cmol/kg. Por otro lado, en la zona dedicada a la ganadería, la concentración de potasio es aún menor, registrando un valor de 0,35 Cmol/kg.

El potasio desempeña un papel crucial en la salud y la fertilidad del suelo. Este elemento esencial contribuye al equilibrio iónico y al funcionamiento adecuado de las plantas. El potasio ayuda al suelo de diversas maneras, incluyendo:

-Regulación del equilibrio hídrico: El potasio facilita la regulación del equilibrio hídrico en las células de las plantas, lo que les permite resistir mejor el estrés hídrico y mantener una adecuada turgencia celular.

-Activa enzimas y procesos metabólicos: El potasio es un componente esencial de muchas enzimas y juega un papel clave en numerosos procesos metabólicos de las plantas, incluyendo la síntesis de proteínas y la fotosíntesis.

-Mejora de la resistencia a enfermedades: El potasio fortalece la estructura celular de las plantas y promueve una mayor resistencia a enfermedades y plagas, ayudando así a mejorar la salud general de las plantas.

-Estimulación del crecimiento y desarrollo: El potasio es fundamental para el desarrollo de raíces fuertes y saludables, así como para la formación de flores, frutos y semillas de alta calidad.

Calcio	
Zona Ganadera	0,85
Zona de Cultivo	1,5
Concentración Ideal	5,74

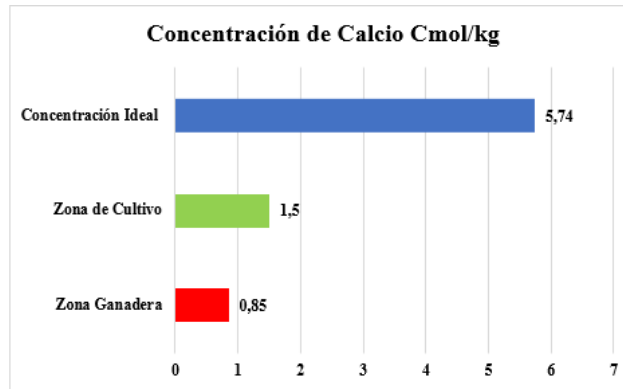


Imagen 23. Grafica de concentración de Calcio en Cmol/ Kg. Fuente Propia

La Imagen 24 muestra una gráfica que representa la concentración de calcio en Cmol/kg en el suelo. En este caso la concentración ideal de calcio en el suelo es de 5,74 Cmol/kg. En específico la zona de cultivo, ha registrado una concentración notablemente inferior, alcanzando un valor de 1,5 Cmol/kg. Por otro lado, en la zona destinada a la ganadería, la concentración de calcio también es baja, registrando un valor de 0,85 Cmol/kg.

Tanto un nivel elevado como uno bajo de calcio en el suelo pueden tener implicaciones significativas:

-Bajo contenido de calcio: Una concentración baja de calcio en el suelo puede resultar en deficiencias de este elemento en las plantas, lo que puede manifestarse en síntomas como crecimiento deficiente, deformidades en las hojas y mayor susceptibilidad a enfermedades. Además, un bajo contenido de calcio puede afectar la estructura del suelo, reduciendo su capacidad de retención de agua y su fertilidad general.

-Alto contenido de calcio: un exceso de calcio en el suelo puede tener efectos negativos, como la reducción de la disponibilidad de otros nutrientes esenciales para las plantas, como el potasio y el magnesio. Esto puede desequilibrar la relación de nutrientes en el suelo y afectar la salud y el rendimiento de los cultivos. Además, un alto contenido de calcio puede contribuir a la alcalinización del suelo, lo que puede limitar la disponibilidad de ciertos nutrientes para las plantas y dificultar su absorción.

Magnesio	
Zona Ganadera	0,39
Zona de Cultivo	1,6
Concentración Ideal	2

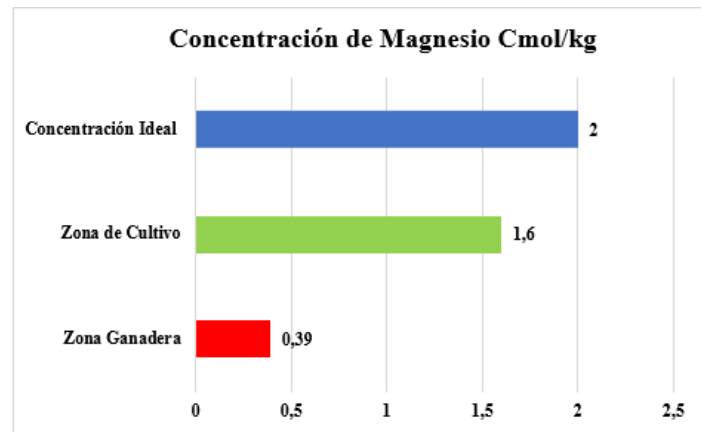


Imagen 24. Grafica de concentración de Magnesio en Cmol/ Kg. Fuente Propia

La Imagen 25 muestra una gráfica que representa la concentración de magnesio en Cmol/kg en el suelo. Para el magnesio la concentración ideal en el suelo es de 2,0 Cmol/kg. En el caso específico de nuestra zona de cultivo, se registró una concentración ligeramente inferior, alcanzando un valor de 1,6 Cmol/kg. Por otro lado, en la zona destinada a la ganadería, la concentración de magnesio es considerablemente más baja, con un valor de 0,39 Cmol/kg.

El magnesio desempeña un papel esencial en la salud y la fertilidad del suelo, y su presencia adecuada es crucial para el desarrollo óptimo de las plantas. Algunas de las funciones clave del magnesio en el suelo incluyen:

-Activación de enzimas: El magnesio es un componente esencial de muchas enzimas necesarias para los procesos metabólicos de las plantas, incluida la fotosíntesis y la síntesis de clorofila.

-Estabilidad de la estructura del suelo: El magnesio contribuye a la formación de agregados del suelo, lo que mejora la estructura del suelo y promueve la aireación y la permeabilidad.

-Regulación del pH del suelo: El magnesio actúa como un tampón que ayuda a mantener el equilibrio del pH del suelo, lo que es fundamental para la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento saludable de las plantas.

-Absorción de nutrientes: El magnesio facilita la absorción de otros nutrientes por parte de las plantas, como el fósforo y el potasio, lo que contribuye a su crecimiento y desarrollo adecuados.

Sodio	
Zona Ganadera	0,021
Zona de Cultivo	0,07
Concentración Ideal	0,8

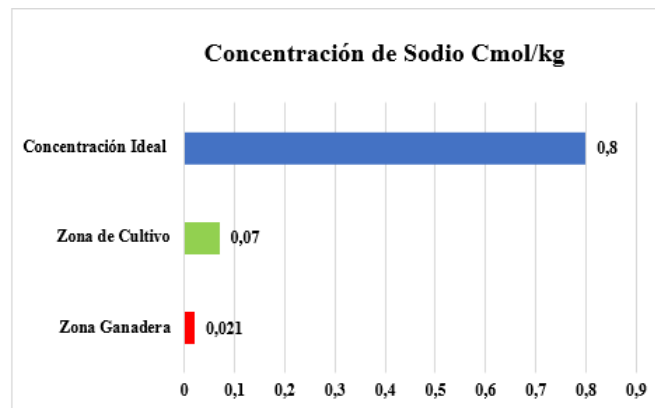


Imagen 25. Gráfica de concentración de Sodio en Cmole/ Kg. Fuente Propia

La Imagen 26 muestra una gráfica que representa la concentración de sodio en Cmole/kg en el suelo. En el sodio la concentración ideal en el suelo es de 0,8 Cmole/kg. Sin embargo, en la zona de cultivo, hemos registrado una concentración significativamente menor, alcanzando un valor de 0,07 Cmole/kg, mientras que, en la zona ganadera, la concentración de sodio es aún más baja, con un valor de 0,021 Cmole/kg.

El sodio desempeña un papel importante en el suelo, aunque en cantidades moderadas. Algunas de las razones por las cuales el sodio es importante en el suelo incluyen:

-Regulación del equilibrio hídrico: El sodio puede ayudar a regular el equilibrio hídrico del suelo, especialmente en suelos arcillosos, al influir en la capacidad de retención y liberación de agua.

-Estabilidad de la estructura del suelo: En pequeñas cantidades, el sodio puede contribuir a la formación de agregados en el suelo, mejorando su estructura y permitiendo una mejor aireación y penetración de las raíces.

-Conductividad eléctrica del suelo: El sodio puede aumentar la conductividad eléctrica del suelo, lo que puede ser beneficioso para ciertos procesos biológicos y químicos, como la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes.

-Balace iónico: El sodio puede influir en el equilibrio iónico del suelo, interactuando con otros cationes como el calcio, el magnesio y el potasio. Un equilibrio adecuado de sodio en el suelo es importante para garantizar la disponibilidad de otros nutrientes esenciales para las plantas.

Nitrógeno	
Zona Ganadera	0,07
Zona de Cultivo	0,67
Concentración Ideal	55

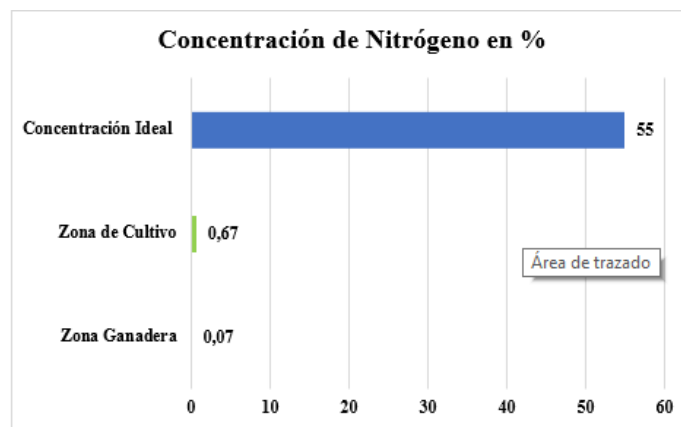


Imagen 26. Gráfica de concentración de Nitrógeno en porcentaje (%). Fuente Propia

La Imagen 27 muestra una gráfica que representa la concentración de nitrógeno en % en el suelo. Es fundamental resaltar que el nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas y desempeña un papel crucial en la fertilidad del suelo. La concentración ideal de nitrógeno en el suelo se sitúa alrededor del 55%. Sin embargo, en la zona de cultivo que se analizó, la concentración registrada es significativamente más baja, con un valor de 0,67%, mientras que, en la zona ganadera, la concentración de nitrógeno es aún menor, llegando a 0,07%; Teniendo en cuenta lo anterior el nitrógeno es esencial en el suelo por las siguientes razones:

-Componente de proteínas y clorofila: El nitrógeno es un componente fundamental de las proteínas, enzimas y clorofila, que son vitales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Sin suficiente nitrógeno, las plantas no pueden sintetizar estas moléculas esenciales para su funcionamiento.

-Estimula el crecimiento vegetal: El nitrógeno es un nutriente clave para el crecimiento vegetal, ya que es necesario para la formación de nuevas células y tejidos, así como para la división celular y el desarrollo de brotes y raíces vigorosos.

-Mejora la calidad del cultivo: Un suministro adecuado de nitrógeno puede mejorar la calidad de los cultivos, promoviendo un mayor rendimiento, tamaño y calidad de los frutos, así como una mejor resistencia a enfermedades y condiciones adversas.

-Favorece la actividad microbiana: El nitrógeno es un nutriente importante para los microorganismos del suelo, como las bacterias fijadoras de nitrógeno y los descomponedores de materia orgánica. Estas bacterias desempeñan un papel clave en la descomposición de la materia orgánica, la mineralización de nutrientes y la fijación de nitrógeno atmosférico en formas utilizables por las plantas.

Materia Orgánica	
Zona Ganadera	5
Zona de Cultivo	0,09
Concentración Ideal	8,78

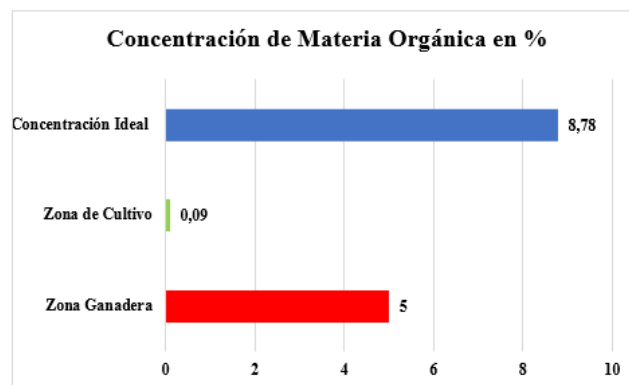


Imagen 27. Gráfica de concentración de Materia Orgánica en porcentaje (%). Fuente Propia

La Imagen 28 representa una gráfica de concentración de materia orgánica no disuelta en el suelo en porcentaje. Es importante señalar que la concentración ideal de este tipo de materia orgánica se sitúa alrededor de 8,78%. Sin embargo, en la zona de cultivo que se evaluó, la concentración registrada es notablemente baja, alcanzando solo un valor de 0,09%, mientras que, en la zona ganadera, la concentración de materia orgánica no disuelta es significativamente mayor, llegando a 5%.

La materia orgánica no disuelta en el suelo se refiere a la porción de materia orgánica presente en el suelo que no se ha descompuesto completamente ni se ha transformado en formas solubles o asimilables para las plantas. Esta materia orgánica puede estar compuesta por residuos de plantas y animales en diferentes

etapas de descomposición, así como por restos orgánicos que son resistentes a la descomposición debido a condiciones ambientales desfavorables o a la falta de actividad microbiana.

Arena	
Zona Ganadera	65
Zona de Cultivo	65
Concentración Ideal	45

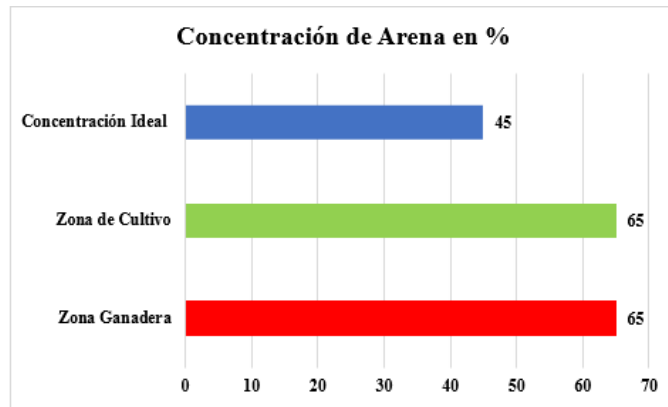


Imagen 28. Gráfica de concentración de Arena en porcentaje (%). Fuente Propia

La Imagen 29 muestra una gráfica que representa la concentración de arena en porcentaje en el suelo. La concentración ideal de arena en un suelo franco se sitúa alrededor del 55%, Sin embargo, tanto en la zona de cultivo como en la zona ganadera que se analizó, la concentración registrada es más alta, alcanzando un valor del 65%.

La arena es un componente clave en la textura del suelo y desempeña un papel fundamental en sus propiedades físicas y químicas. Algunos puntos importantes sobre la relación entre la concentración de arena y la textura del suelo son:

-Influencia en la textura del suelo: La concentración de arena en el suelo está estrechamente relacionada con su textura. Un suelo con una alta proporción de arena se considera arenoso, mientras que un suelo con una baja proporción de arena se considera arcilloso. La presencia de arena influye en la capacidad de retención de agua, la aireación y la capacidad de drenaje del suelo.

-Importancia para la estructura del suelo: La arena tiene partículas grandes y gruesas que crean espacios porosos en el suelo, lo que mejora su estructura al proporcionar una buena aireación y drenaje. Esto es especialmente beneficioso para el crecimiento de las raíces de las plantas, ya que les permite respirar y absorber nutrientes de manera más eficiente.

-Drenaje del agua: Los suelos con una alta concentración de arena tienden a tener una mejor capacidad de drenaje, ya que el agua puede filtrarse fácilmente a través de los poros entre las partículas de arena.

Esto ayuda a prevenir el encharcamiento y la saturación del suelo, lo que puede ser perjudicial para muchas plantas.

-Disponibilidad de nutrientes: La presencia de arena en el suelo puede afectar la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Los suelos arenosos tienden a tener una menor capacidad de retención de nutrientes, ya que los nutrientes pueden lavarse fácilmente a través del suelo por la acción del agua. Esto puede requerir una fertilización más frecuente para mantener niveles adecuados de nutrientes para el crecimiento de las plantas

Limo	
Zona Ganadera	24
Zona de Cultivo	20
Concentración Ideal	40

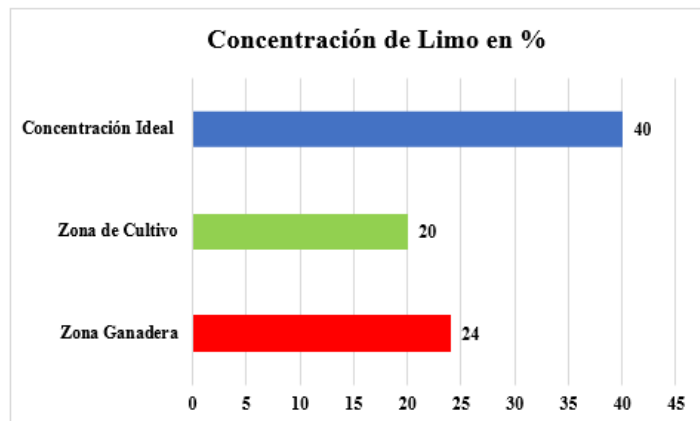


Imagen 29. Gráfica de concentración de Limo en porcentaje (%). Fuente Propia

La Imagen 30 muestra una gráfica que representa la concentración de limo en Porcentaje en el suelo. La concentración ideal de limo en un suelo franco se sitúa alrededor del 40%. Sin embargo, tanto en la zona de cultivo como en la zona ganadera que se analizó, la concentración registrada es más baja, con valores del 20% y 24%, respectivamente.

El limo es un componente importante en la textura del suelo y desempeña un papel crucial en sus propiedades físicas y químicas. Algunos aspectos relevantes sobre la relación entre la concentración de limo y la textura del suelo son:

-Influencia en la textura del suelo: El limo es una partícula de tamaño intermedio entre la arena y la arcilla. Un suelo con una alta proporción de limo se considera limoso. La presencia de limo en el suelo influye en su textura y afecta sus propiedades, como la capacidad de retención de agua, la estructura y la capacidad de drenaje.

-Importancia para la estructura del suelo: El limo tiene partículas más pequeñas que la arena, lo que contribuye a una estructura del suelo más fina y compacta. Esto puede mejorar la capacidad de retención de agua y nutrientes en el suelo, proporcionando un ambiente óptimo para el crecimiento de las raíces de las plantas.

-Retención de nutrientes: Los suelos con una concentración adecuada de limo suelen tener una buena capacidad para retener nutrientes, ya que las partículas de limo tienen una superficie más grande que puede adsorber y retener nutrientes como el potasio, el calcio y el magnesio, haciéndolos disponibles para las plantas.

-Trabajabilidad del suelo: La presencia de limo en el suelo puede mejorar su trabajabilidad, lo que facilita las operaciones de labranza y cultivo. El suelo limoso tiende a ser más fácil de trabajar y más maleable, lo que puede ser beneficioso para la siembra, el trasplante y otras actividades agrícolas.

Arcilla	
Zona Ganadera	11
Zona de Cultivo	15
Concentración Ideal	15

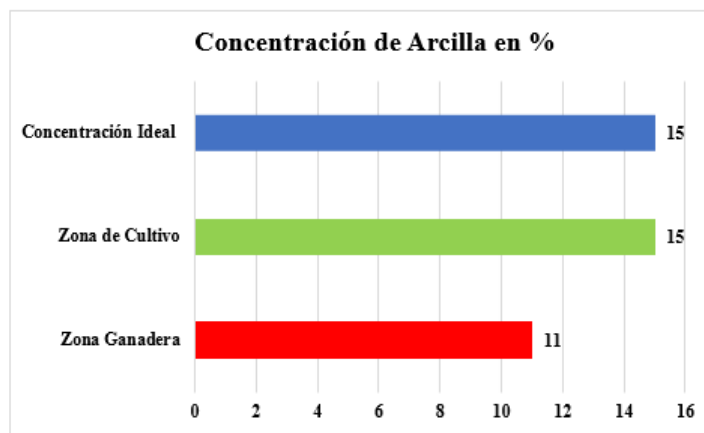


Imagen 30. Grafica de concentración de Arcilla en porcentaje (%). fuente propia

La Imagen 31 muestra una gráfica que representa la concentración de arcilla en porcentaje en el suelo. La concentración ideal de arcilla en un suelo franco se sitúa alrededor del 15%. Se observó que tanto en la zona de cultivo como en la zona ganadera que se evaluó, la concentración de arcilla se encuentra dentro de estos parámetros, con valores del 15% y 11%.

La arcilla es un componente fundamental en la textura del suelo y juega un papel crucial en sus propiedades físicas y químicas. Algunos puntos relevantes sobre la relación entre la concentración de arcilla y la textura del suelo son:

-Influencia en la textura del suelo: La arcilla es una partícula de tamaño muy fino, más pequeña que la arena y el limo. Un suelo con una alta proporción de arcilla se considera arcilloso. La presencia de arcilla en el suelo influye en su textura y afecta sus propiedades, como la capacidad de retención de agua, la estructura y la plasticidad.

-Retención de agua y nutrientes: La arcilla tiene una alta capacidad de retención de agua y nutrientes debido a su superficie específica y su estructura laminar. Esto significa que los suelos arcillosos retienen el agua y los nutrientes por más tiempo, lo que puede ser beneficioso en regiones con períodos secos o para cultivos que requieren un suministro constante de agua y nutrientes.

-Estructura del suelo: La arcilla puede influir en la estructura del suelo, formando agregados más pequeños y compactos. Esto puede afectar la aireación y el drenaje del suelo, así como la facilidad de labranza y el desarrollo de las raíces de las plantas.

-Problemas de compactación y drenaje: Los suelos con alta concentración de arcilla pueden experimentar problemas de compactación y drenaje, especialmente cuando están mojados. La compactación del suelo puede dificultar el crecimiento de las raíces y la circulación del aire, mientras que el drenaje deficiente puede favorecer la aparición de enfermedades radiculares y el encharcamiento del suelo.

Hierro	
Zona Ganadera	17,3
Zona de Cultivo	31,92
Concentración Ideal	34,67

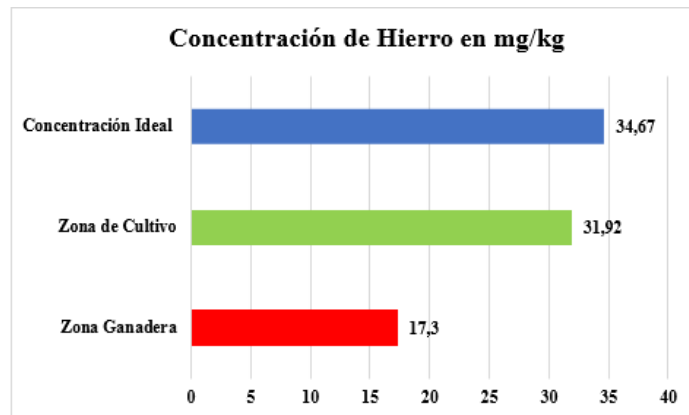


Imagen 31. Gráfica de concentración de Hierro en mg/kg. fuente propia

La Imagen 32 muestra una gráfica que representa la concentración de hierro en mg/kg en el suelo. Se observa que la concentración ideal de hierro es de 34,67 mg/kg. En la zona de cultivo, la concentración registrada es de 31,92 mg/kg, siendo este el valor más cercano al ideal en comparación a la zona ganadera que es de 17,3 mg/kg; de acuerdo con lo anterior el hierro desempeña un papel fundamental en el suelo y en el entorno agrícola por siguientes razones:

-Nutrición de las plantas: El hierro es un micronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Participa en procesos clave como la fotosíntesis, la formación de clorofila y la síntesis de proteínas. Una deficiencia de hierro puede provocar clorosis férrica, un trastorno que afecta la coloración de las hojas y reduce la producción de cultivos.

-Disponibilidad de nutrientes: El hierro contribuye a la disponibilidad y absorción de otros nutrientes por parte de las plantas, como el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Una adecuada concentración de hierro en el suelo favorece la asimilación de estos nutrientes, lo que promueve un crecimiento saludable de los cultivos.

-Actividad biológica: El hierro también juega un papel importante en la actividad biológica del suelo. Es un cofactor para varias enzimas y procesos metabólicos en microorganismos beneficiosos del suelo, como las bacterias fijadoras de nitrógeno y los hongos micorrízicos, que son clave para la descomposición de materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

-Estabilidad estructural: El hierro puede contribuir a la estabilidad estructural del suelo al formar complejos orgánico-minerales que ayudan a mantener la estructura del suelo y prevenir la erosión. Esto es especialmente importante en suelos arcillosos, donde el hierro puede actuar como un aglutinante que mejora la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua.

Fosforo	
Zona Ganadera	17,38
Zona de Cultivo	25,02
Concentración Ideal	40

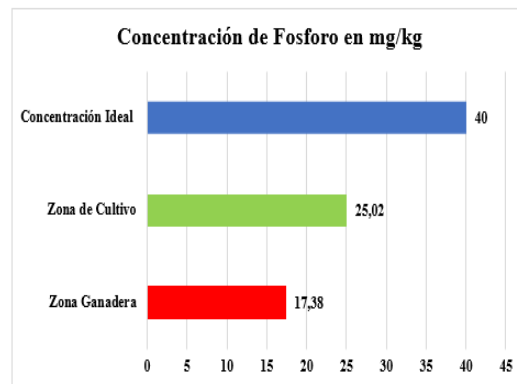


Imagen 32. Grafica de concentración de Fosforo en mg/kg. fuente propia

La Imagen 33 muestra una gráfica que representa la concentración de fósforo en mg/kg en el suelo. La concentración ideal de fósforo es de 40 mg/kg. En la zona de cultivo, la concentración registrada es de 25,02 mg/kg, mientras que en la zona ganadera es de 17,38 mg/kg; en este caso ambas son muy bajas para el estándar ideal; El fósforo desempeña un papel crucial en la salud del suelo y en el crecimiento de las plantas por siguientes aspectos:

-Nutrición de las plantas: El fósforo es un macronutriente esencial para las plantas, siendo un componente clave de compuestos como el ATP (adenosín trifosfato), que es la principal fuente de energía para las células vegetales. Además, el fósforo es fundamental en la transferencia de energía y en la fotosíntesis. Una adecuada disponibilidad de fósforo en el suelo promueve un crecimiento vigoroso de las plantas y una mejor calidad de los cultivos.

-Desarrollo de raíces: El fósforo es crucial para el desarrollo adecuado del sistema radicular de las plantas. Ayuda en la formación de raíces fuertes y saludables, lo que mejora la capacidad de absorción de agua y nutrientes del suelo. Esto es especialmente importante en suelos pobres o compactados, donde una buena absorción de fósforo puede mejorar significativamente la salud de las plantas.

-Ciclo de nutrientes: El fósforo es parte integral del ciclo de nutrientes en el suelo. Se libera lentamente a partir de compuestos orgánicos y minerales en el suelo, y su disponibilidad puede variar según factores como el pH del suelo, la actividad microbiana y la presencia de otros nutrientes. Un equilibrio adecuado de fósforo en el suelo es esencial para mantener la fertilidad y la productividad a largo plazo de los sistemas agrícolas.

La baja concentración de fósforo en la zona ganadera en comparación con la zona de cultivo puede atribuirse a varios factores, como la menor aplicación de fertilizantes fosforados en pastizales en comparación con cultivos agrícolas. Además, la lixiviación y la erosión del suelo debido al pastoreo intensivo pueden contribuir a la pérdida de fósforo en el suelo de la zona ganadera.

Manganeso	
Zona Ganadera	1,3
Zona de Cultivo	9
Concentración Ideal	10

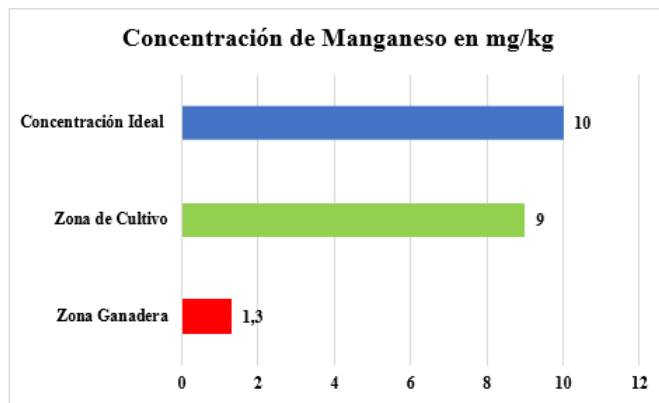


Imagen 33. Gráfica de concentración de Manganeso en mg/kg. fuente propia

La Imagen 34 muestra una gráfica que representa la concentración de manganeso en mg/kg en el suelo. La concentración ideal de manganeso es de 10 mg/kg. En la zona de cultivo, la concentración registrada es de 9 mg/kg llegando casi al estándar ideal, mientras que en la zona ganadera es de 1,3 mg/kg bastante bajo; El manganeso desempeña un papel crucial en el suelo y en el desarrollo de las plantas, además permite realizar las siguientes funciones en el suelo:

-Actividad enzimática: El manganeso es un cofactor para muchas enzimas en las plantas, lo que significa que es necesario para que estas enzimas funcionen correctamente. Estas enzimas están involucradas en una variedad de procesos metabólicos, incluida la fotosíntesis, la respiración celular y la síntesis de

proteínas. Por lo tanto, una adecuada disponibilidad de manganeso en el suelo es esencial para un crecimiento y desarrollo saludables de las plantas.

-Fotosíntesis: El manganeso es esencial para la fotosíntesis, el proceso mediante el cual las plantas convierten la luz solar en energía química. Participa en la oxidación del agua durante la fase luminosa de la fotosíntesis, lo que ayuda a producir oxígeno y energía para la planta. Una deficiencia de manganeso puede limitar la capacidad de las plantas para realizar la fotosíntesis de manera eficiente, lo que afecta su crecimiento y rendimiento.

-Resistencia al estrés: El manganeso también juega un papel importante en la respuesta de las plantas al estrés biótico y abiótico. Contribuye a la producción de compuestos antioxidantes que protegen a las plantas del daño causado por el estrés oxidativo, como la radiación ultravioleta, las altas temperaturas y las enfermedades. Una adecuada disponibilidad de manganeso en el suelo puede mejorar la resistencia de las plantas a condiciones adversas y promover su salud general.

Zinc	
Zona Ganadera	0,61
Zona de Cultivo	2
Concentración Ideal	4,38

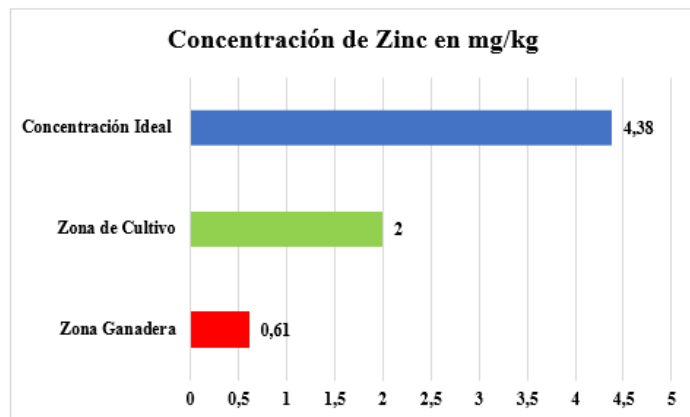


Imagen 34. Gráfica de concentración de Zinc en mg/kg. fuente propia

La Imagen 35 muestra una gráfica que representa la concentración de zinc en mg/kg en el suelo. La concentración ideal de zinc es de 4,38 mg/kg. En la zona de cultivo, la concentración registrada es de 2,0 mg/kg, mientras que en la zona ganadera es de 0,61 mg/kg; en este caso ambos valores están muy bajos

del estándar ideal; el zinc es un micronutriente esencial para las plantas y desempeña un papel importante en el suelo considerando los siguientes factores:

-Crecimiento de las plantas: El zinc es un componente clave de varias enzimas y proteínas que participan en procesos metabólicos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Está involucrado en la síntesis de auxinas, hormonas vegetales que regulan el crecimiento de las raíces y el desarrollo de los brotes, así como en la formación de clorofila y la división celular. Por lo tanto, una adecuada disponibilidad de zinc en el suelo es crucial para un crecimiento vegetal saludable y un rendimiento óptimo de los cultivos.

-Resistencia al estrés: El zinc también desempeña un papel importante en la respuesta de las plantas al estrés abiótico y biótico. Ayuda a las plantas a tolerar condiciones adversas como la sequía, las altas temperaturas, la salinidad y las enfermedades. El zinc fortalece el sistema inmunológico de las plantas y mejora su capacidad para resistir enfermedades y plagas. Además, participa en la síntesis de antioxidantes que protegen a las plantas del daño oxidativo causado por el estrés ambiental.

-Calidad de los cultivos: El zinc es esencial para la síntesis de proteínas y carbohidratos en las plantas, lo que influye en la calidad nutricional de los cultivos. Una deficiencia de zinc puede afectar negativamente la producción y calidad de los cultivos, reduciendo el contenido de nutrientes como proteínas, vitaminas y minerales en los alimentos. Por lo tanto, mantener niveles adecuados de zinc en el suelo es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y la nutrición humana.

Cobre	
Zona Ganadera	0,83
Zona de Cultivo	2,5
Concentración Ideal	3,78

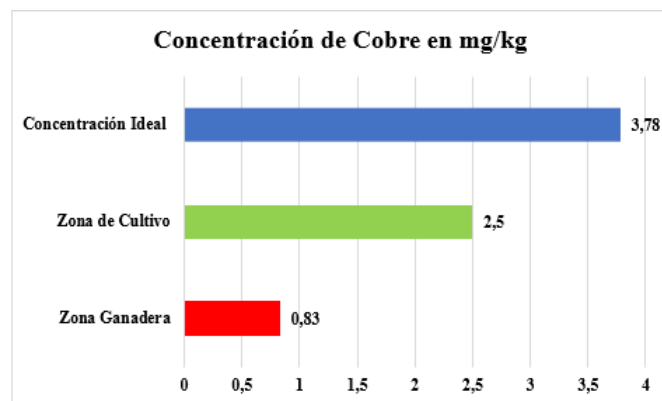


Imagen 35. Grafica de concentración de cobre en mg/kg. fuente propia

La Imagen 36 muestra una gráfica que representa la concentración de cobre en mg/kg en el suelo. La concentración ideal de cobre es de 3,38 mg/kg. En la zona de cultivo, la concentración registrada es de 2,5 mg/kg, mientras que en la zona ganadera es de 0,83 mg/kg; En este caso también se evidencia una baja concentración en ambas muestras; El cobre es un micronutriente esencial para las plantas y desempeña un papel importante en el suelo, a continuación, se explican las funciones más relevantes de este micronutriente:

-Función enzimática: El cobre es un componente esencial de varias enzimas que participan en procesos metabólicos cruciales para las plantas. Estas enzimas están involucradas en la fotosíntesis, la respiración celular, la síntesis de proteínas y la producción de lignina, entre otros. Por lo tanto, el cobre es necesario para el crecimiento y desarrollo saludables de las plantas.

-Fertilidad del suelo: El cobre también juega un papel importante en la fertilidad del suelo al influir en la disponibilidad de otros nutrientes para las plantas. Ayuda en la absorción y utilización de nutrientes como el nitrógeno, el fósforo y el hierro. Además, el cobre participa en la descomposición de la materia orgánica y en la formación de complejos orgánicos en el suelo, lo que contribuye a mejorar su estructura y capacidad de retención de agua.

-Resistencia a enfermedades: El cobre tiene propiedades antimicrobianas y fungicidas que ayudan a las plantas a resistir enfermedades causadas por hongos y bacterias. Se utiliza ampliamente en la agricultura como fungicida para el control de enfermedades como el mildiú polvoriento y la roya. Además, el cobre fortalece el sistema inmunológico de las plantas y promueve una mayor resistencia a condiciones adversas y estrés biótico.

Boro	
Zona Ganadera	0,15
Zona de Cultivo	0,4
Concentración Ideal	0,54

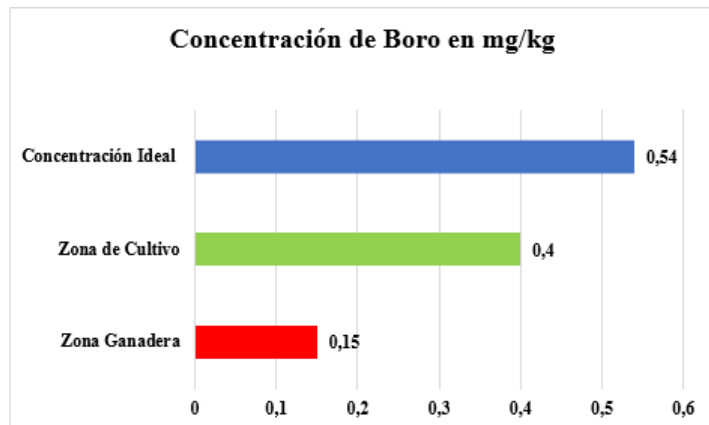


Imagen 36. Gráfica de concentración de Boro en mg/kg. fuente propia

La Imagen 37 muestra una gráfica que representa la concentración de boro en mg/kg en el suelo. La concentración ideal de boro es de 0,54 mg/kg. En la zona de cultivo, la concentración registrada es de 0,4 mg/kg, mientras que en la zona ganadera es de 0,15 mg/kg. En este caso ambas concentraciones son muy bajas en ambas muestras, de acuerdo con lo anterior, Estas son las funciones y procesos más destacados de este micronutriente:

-Desarrollo de la pared celular: El boro es necesario para la formación y estabilidad de la pared celular de las plantas. Participa en la síntesis de pectinas, que son componentes clave de la pared celular, y en la formación de enlaces cruzados que mantienen la estructura celular. Esto es crucial para el crecimiento y desarrollo adecuados de las plantas, así como para su resistencia a enfermedades y estrés abiótico.

-Metabolismo de carbohidratos: El boro también juega un papel en el metabolismo de carbohidratos en las plantas. Participa en la síntesis de azúcares y en la regulación de la actividad de enzimas que están involucradas en la respiración celular y la fotosíntesis. Esto afecta directamente el crecimiento, la floración y la formación de frutos de las plantas.

-Transporte de nutrientes: El boro facilita el transporte de otros nutrientes en las plantas al influir en la permeabilidad de las membranas celulares y en la absorción de nutrientes a través de las raíces. Contribuye a la movilidad de calcio, potasio y otros nutrientes esenciales en la planta, lo que es fundamental para mantener el equilibrio iónico y el funcionamiento adecuado de las células vegetales.

Azufre	
Zona Ganadera	28,45
Zona de Cultivo	28,37
Concentración Ideal	15

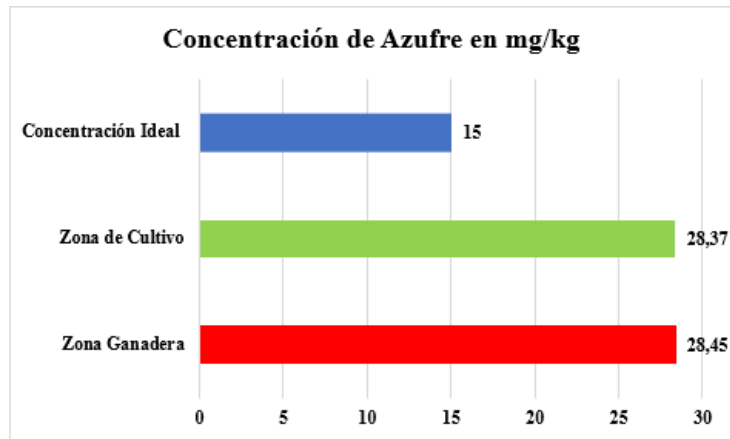


Imagen 37. Gráfica de concentración de Azufre en mg/kg. fuente propia

La Imagen 38 muestra una gráfica que representa la concentración de azufre en mg/kg en el suelo. La concentración ideal de azufre es de 15 mg/kg. En la zona de cultivo, la concentración registrada es de 28,37 mg/kg, mientras que en la zona ganadera es de 28,46 mg/kg; en este caso ambas muestras presentan un exceso de azufre en comparación al registro de concentración ideal.

El azufre es un elemento esencial en el suelo que interviene en varias reacciones químicas importantes para el crecimiento de las plantas. Algunas de estas reacciones incluyen:

-Formación de aminoácidos: El azufre es un componente clave de los aminoácidos cisteína y metionina, que son esenciales para la síntesis de proteínas en las plantas. Las proteínas son fundamentales para el crecimiento, desarrollo y funcionamiento de las células vegetales.

-Producción de clorofila: El azufre es necesario para la síntesis de clorofila, el pigmento responsable de la fotosíntesis en las plantas. La fotosíntesis es un proceso vital que convierte la energía solar en energía química, permitiendo que las plantas produzcan su propio alimento.

-Desarrollo de estructuras vegetales: El azufre también desempeña un papel en la formación de estructuras vegetales como las paredes celulares, los tejidos y las membranas celulares. Contribuye a la estabilidad y la resistencia de estas estructuras, lo que es crucial para el crecimiento y la salud de las plantas.

Aunque el azufre es necesario para el crecimiento de las plantas, un exceso de azufre en el suelo puede tener consecuencias negativas. Un exceso de azufre puede acidificar el suelo y afectar su estructura, reducir la disponibilidad de otros nutrientes como el calcio y el magnesio, y alterar la actividad microbiana del suelo. Esto puede resultar en un desequilibrio nutricional y afectar el crecimiento y rendimiento de los cultivos.

ANALISIS DE RESULTADOS

Número de especímenes recolectados por muestreo.



Imagen 38. Número de especímenes recolectados por muestreo. Fuente Propia.

La figura 39, presenta una comparación de la cantidad de escarabajos coprófagos recolectados en dos períodos de muestreo, considerando el tiempo transcurrido desde la aplicación de la ivermectina tanto en el área de cultivo como en el área ganadera. Los resultados indican diferencias significativas entre los dos períodos y entre las dos zonas analizadas.

En el primer muestreo, realizado una semana después de la aplicación de ivermectina, se observa que en la zona de cultivo se recolectó un 27% de escarabajos, mientras que en la zona ganadera se obtuvo un

15%. Este resultado sugiere que la presencia de la sustancia en el suelo, debido al tratamiento de ganado, afecta negativamente la población de escarabajos, siendo más pronunciada en el área ganadera; ya que es la zona con exposición directa al fármaco.

En contraste, en el segundo muestreo, realizado tres meses después de la aplicación de ivermectina, se observa un cambio en la tendencia. En la zona de cultivo, el porcentaje de escarabajos recolectados aumentó al 30%, mientras que en la zona ganadera se registró un 28%. Este aumento podría atribuirse a la disminución de la concentración de ivermectina en el suelo con el tiempo, lo que permite una mayor supervivencia y reproducción de los escarabajos.

Es importante destacar que estos resultados reflejan las interacciones complejas entre la aplicación de ivermectina, la dinámica del suelo y la población de escarabajos coprófagos. La mayor concentración de la sustancia en el suelo durante el primer período afecta negativamente a los escarabajos, mientras que una disminución en la concentración con el tiempo permite una recuperación en la población de estos insectos. Esto subraya la importancia de considerar los efectos a largo plazo de los tratamientos de ganado en los ecosistemas circundantes.

CONCLUSIONES

- Al realizar la recolección de los especímenes se identificó que la aplicación de ivermectina en el ganado tiene un impacto negativo inicial en la población de escarabajos coprófagos en las áreas circundantes. Este impacto es más pronunciado en el período inmediatamente posterior a la aplicación de la sustancia, cuando se observa una disminución significativa en la recolección de escarabajos en comparación con las áreas de cultivo. Sin embargo, con el tiempo, se observa una recuperación en la población de escarabajos, como se refleja en el aumento de la recolección de escarabajos en el segundo período de muestreo, tres meses después de la aplicación de la ivermectina. Esto sugiere que, a medida que la concentración de la sustancia en el suelo disminuye, los escarabajos tienen la capacidad de recuperarse y volver a niveles poblacionales más saludables.
- El empleo de herramientas para el geoprocesamiento de Imágenes ha facilitado la obtención de información detallada del terreno sin requerir presencia física en la zona de estudio. Esto ha posibilitado un análisis más exhaustivo y eficiente de aspectos como la pendiente, el clima, la

cartografía, entre otros. Además, la utilización de herramientas de geolocalización mejoró el proceso de muestreo de la investigación, permitiendo una organización más precisa al examinar y revisar las muestras y trampas recolectadas.

- Durante el análisis físico-químico del suelo, se observó que, a pesar de la relativa proximidad entre las muestras tomadas en zonas cercanas, se producen cambios significativos en la composición del suelo y en los minerales que lo conforman. En general, se evidencia un proceso de erosión del suelo, el cual puede atribuirse tanto a efectos colaterales de la aplicación de ivermectina como a la presencia histórica de la ganadería en la región, que se remonta a más de 50 años. Por otro lado, aunque el área de cultivo presenta una mejor condición en comparación con el suelo de la ganadería, también muestra signos de afectación, principalmente debido a la pendiente del terreno, que provoca un efecto de lavado de nutrientes durante las precipitaciones en la zona. Estos hallazgos resaltan la complejidad de los procesos de cambio en la composición del suelo y subrayan la importancia de considerar múltiples factores ambientales en la evaluación de la salud y la calidad del suelo en diferentes áreas de uso agrícola y ganadero.

RECOMENDACIONES

Es crucial migrar gradualmente hacia métodos de producción ganadera más sostenibles, considerando los hallazgos de la investigación. Aunque los escarabajos coprófagos puedan resistir en pequeñas proporciones los efectos insecticidas de la ivermectina, es esencial limitar su uso. Las temporadas de baja actividad reproductiva pueden provocar una reducción significativa en la población de escarabajos, dificultando su recuperación. Por tanto, se deben implementar prácticas que, ayuden a mitigar los efectos adversos de la ivermectina.

Se recomienda implementar sistemas de rotación de pastoreo para permitir la recuperación de las áreas tratadas con ivermectina, reduciendo así la exposición continua de los escarabajos a la sustancia. Además, el descanso de los pastizales puede contribuir a restaurar la biodiversidad del suelo, favoreciendo la recuperación de la población de escarabajos.

Optar por medicamentos con funciones similares a la ivermectina, pero con una toxicidad más baja o una sustancia más volátil que permanezca menos tiempo en el suelo puede ser una alternativa efectiva. Esta medida ayudaría a reducir el impacto ambiental del tratamiento antiparasitario en la fauna del suelo.

Se sugiere explorar la ganadería silvopastoril combinada con la fitoterapia, integrando árboles, arbustos y cercas vivas con plantas aromáticas como albahaca (*Ocimum basilicum*), romero (*Salvia rosmarinus*) y lavanda (*Lavandula officinallis*). Estas plantas, con altos componentes aromáticos, actúan como repelentes naturales para varios insectos, incluidas las moscas, principales plagas que afectan al ganado.

Es fundamental llevar a cabo jornadas de monitoreo ambiental para observar constantemente la población de escarabajos coprófagos en la zona. Esto permitirá coordinar la rotación de los potreros y ajustar las buenas prácticas de producción de manera oportuna, minimizando así el impacto negativo del tratamiento con ivermectina en la biodiversidad del suelo.

Con base en la investigación realizada y la información recibida por parte de la comunidad científica, también es necesario educar a los veterinarios y ganaderos sobre esta problemática y las consecuencias del uso de sustancias como la ivermectina en la industria ganadera. Esto permitirá concientizar y fomentar una línea de investigación más profunda para encontrar soluciones adecuadas a este desafío.

BIBLIOGRAFÍAS

- ACS. (2 de DICIEMBRE de 2016). ACS. Obtenido de El descubrimiento de la ivermectina:
<https://www.acs.org/education/whatischemistry/landmarks/historia-quimica/descubrimiento-ivermectina.html>
- Adriana María Molina, L. F. (2005). *scielo*. Obtenido de LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA PLANIFICACIÓN MUNICIPAL:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372005000200003
- agricultura, M. d. (01 de 01 de 2022). *minagricultura.gov.co*. Obtenido de *minagricultura.gov.co*:
<https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/RESOLUCI%C3%93N%20NO.%20000126%20DE%202022.pdf>
- Ambiente, M. d. (1993). *OAS*. Obtenido de Ley General Ambiental de Colombia:
https://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/colombia/colombia_99-93.pdf
- Atencia, J. J. (25 de 05 de 2017). *repositorio.cuc.edu.co*. Obtenido de CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS DEL:
<https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/339/1140890180-1140883978.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- BIZKAIA, D. F. (marzo de 2015). *bizkai.eus*. Obtenido de ESTRATEGIA PARA LA PROTECCIÓN,;
[https://www.bizkaia.eus/home2/archivos/DPTO9/Temas/Pdf/Patrimonio_Natural/ESTRATEGIA%20BIODIVERSIDAD/Cas_Estrategia%20Biodiversidad%20\(Para%20publicar\).pdf?hash=a2a058d9c3c5a8cb6c6062c8cee5a97a&idioma=CA](https://www.bizkaia.eus/home2/archivos/DPTO9/Temas/Pdf/Patrimonio_Natural/ESTRATEGIA%20BIODIVERSIDAD/Cas_Estrategia%20Biodiversidad%20(Para%20publicar).pdf?hash=a2a058d9c3c5a8cb6c6062c8cee5a97a&idioma=CA)
- Bocanegra, O. A. (2021). *linkedin1*. Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/modelos-de-elevaci%C3%B3n-digital-dem-oscar-alberto-diaz-bocanegra>
- Calera, L. (12 de 6 de 2011). *repositorio.una.edu.ni*. Obtenido de IMPACTO DE LA IVERMECTINA SOBRE EL AMBIENTE:
<https://repositorio.una.edu.ni/2368/1/ppp01u58i.pdf>
- Cardona, Vasquez, M. (2024). *Ajvkjfdhkhjfdhjg*.
- Carolina Flota-Bañuelos1, J. L.-C. (ABRIL de 20 de 2012). *REDALCY*. Obtenido de EFECTO DE LA IVERMECTINA EN LA DINÁMICA ESPACIOTEMPORAL DE ESCARABAJOS ESTERCOLEROS EN VERACRUZ,;
<https://www.redalyc.org/pdf/939/93924497005.pdf>
- Carreño, A. S. (10 de 02 de 2013). *ediciones.ucc.edu.co*. Obtenido de Avances de investigación en medicina veterinaria y producción ganadera: Avances de investigación

- Desarrollo, M. d. (2017). *minambiente*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/resolucion-1912-de-2017.pdf>
- DMVZ, D. L., & Ph.D. (4 de abril de 2023). *AGRAVET*. Obtenido de Ivermectina en Pequeños Animales - Dermatología y aplicación adicional : <https://www.agrovetmarket.com/investigacion-salud-animal/pdf-download/ivermectina-en-pequenos-animales---dermatologia-y-aplicaciones-adicionales>
- FAO. (2016). *fao.org*. Obtenido de OCDE-FAO: <https://www.fao.org/3/i5778s/i5778s.pdf>
- FAO. (2022). LAS RAZAS CRIOLLAS COLOMBIANAS PARA LA PRODUCCION DE CARNE.
- FEDEGAN. (2024). *FEDEGAN*. Obtenido de NORMATIVA : <https://www.fedegan.org.co/normatividad>
- Ganadero, c. (octubre de 2020). *contexto ganadero*. Obtenido de Una rivalidad que no cesa: ivermectina vs escarabajos: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/una-rivalidad-que-no-cesa-ivermectina-vs-escarabajos>
- Ganadero, C. (25 de 05 de 2022). *Contexto Ganadero*. Obtenido de <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/nuevas-pruebas-del-efecto-de-la-ivermectina-en-el-suelo>: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/nuevas-pruebas-del-efecto-de-la-ivermectina-en-el-suelo>
- Humboldt. (2029). *Humboldt*. Obtenido de Escarabajos y sostenibilidad del paisaje ganadero: <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2019/cap4/403/>
- ICA. (2020). *ICA*. Obtenido de PLAN SUBSECTORIAL DE VIGILANCIA Y CONTROL DE RESIDUOS DE MEDICAMENTOS VETERINARIOS Y CONTAMINANTES QUÍMICOS EN CARNE BOVINA: <https://www.ica.gov.co/getattachment/Areas/Pecuaria/Servicios/Inocuidad-en-las-Cadenas-Agroalimentarias/Plan-Nacional-de-Residuos/PLAN-RESIDUOS-CARNE-BOVINOS-ICA-INVIMA-2020.pdf.aspx?lang=es-CO>
- Imelda Martinez, c. (2016). La función de los escarabajos estercoleros en los pastizales ganaderos . *sev.gob* , 73.
- Juan M. Díaz-García a, *. F.-B. (2023). *biodivers.unam.mx*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND: <http://rev.mex.biodivers.unam.mx/index.php/es/escarabajos-carroneros/>
- Juan M. Pinos-Rodríguez1*, J. C.-L.-A.-H.-G.-P. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *SCIELO*, VOL 46 # 4.

- Krüger y Scholtz, I., & Krüger y Scholtz, I. (2015). Obtenido de Una revisión sobre el efecto de las lactonas macrocíclicas en los insectos que habitan en el estiércol: toxicidad de las lactonas macrocíclicas para los escarabajos peloteros:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6238710/>
- LOBO, J. (01 de JULIO de 2020). *Museo Nacional de Ciencias Naturales*. Obtenido de Demuestran cómo la ivermectina se bioacumula en insectos pudiendo propagarse al resto de animales de la cadena trófica:
<https://www.mncn.csic.es/es/Comunicaci%C3%B3n/demuestran-como-la-ivermectina-se-bioacumula-en-insectos-pudiendo-propagarse-al-resto>
- M.**, J.-P. L. (2005). *scielo*. Obtenido de El impacto de productos veterinarios sobre insectos coprófagos: consecuencias sobre la degradación del estiércol en pastizales:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372005000300007
- Media. (14 de agosto de 2020). *Media* . Obtenido de Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible : <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/1.%20Materia%20org%C3%A1nica%20y%20actividad%20biol%C3%B3gica.pdf>
- Núñez, B. A. (15 de septiembre de 2015). *riubu.edu.es* . Obtenido de BIODIVERSIDAD, MATERIA ORGÁNICA Y ESTRUCTURA DEL SUELO. CIENCIA, TÉCNICA E INGENIERIA :
https://riubu.ubu.es/bitstream/10259/5009/1/Alonso_N%C3%BA%C3%B1ez.pdf
- Perez, C. (agosto de 2015). Obtenido de ¿Cómo podemos contribuir con la Sostenibilidad?:
<https://www.eoi.es/blogs/cristinaperez1/2012/04/30/%C2%BFcomo-podemos-contribuir-con-la-sostenibilidad/>
- Pérez-Cogollo, L. C. (04 de julio de 2018). *redalyc* . Obtenido de Toxicidad y efectos adversos de las lactonas macrocíclicas sobre los escarabajos estercoleros: una revisión:
<https://www.redalyc.org/journal/425/42559319028/html/>
- PhD, D. M. (mayo de 2009). *cenida* . Obtenido de MANUAL PRÁCTICO DE FARMACOLOGÍA: <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENL70A639.pdf>
- RIA.SAUMELL. (2005). Obtenido de RIA.: <https://www.redalyc.org/pdf/864/86434306.pdf>
- Rural, M. d. (2022). *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural* . Obtenido de Resolución 0126 de 2022:
<https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/RESOLUCI%C3%93N%20NO.%20000126%20DE%202022.pdf>
- Salcedo, S. (2014). Obtenido de FAO : <https://www.fao.org/3/i3788s/i3788s.pdf>

- Salud, M. d. (2014). Obtenido de Resolución 0770 de 2014:
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-1382-de-2013.pdf>
- social, M. d. (2013). *Res 1328 de 2013*. Obtenido de
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-1382-de-2013.pdf>
- Sostenible, M. d. (2017). Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible :
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/resolucion-1912-de-2017.pdf>
- Tovar, H. (2022). *Actualidad* . Obtenido de Scielo:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-35842016000200003&script=sci_abstract&tlng=es
- TOVAR, H. L. (11 de 05 de 2020). *scielo.org.co*. Obtenido de Efecto de la ivermectina sobre la estructura del ensamble de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Aphodiinae-Scarabaeinae) en las sabanas colombianas de la región Caribe. :
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-35842016000200003&script=sci_abstract&tlng=es
- vecol. (2024). *vecol* . Obtenido de Ivermectina 1%: <https://www.vecol.com.co/>
- Verdú, J. R. (15 de marzo de 2022). *CienciaAmbiental*. Obtenido de Nuevas pruebas del efecto de la ivermectina en el suelo: <https://www.cienciasambientales.com/es/noticias-ambientales/investigacion-ua-ivermectina-fauna-coprofaga-suelo-15612>
- García-Galán, M.J., Corada-Fernández, C., Gutiérrez-Moreno, M.V., & Pérez-Martínez, C. (2019). Environmental impact of veterinary drugs on soil quality: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(22), 22346-22361.
- Liu, H., Jian, H., Fang, Y., & Chen, Q. (2021). Effects of veterinary antibiotics on soil microbial communities and antibiotic resistance genes. *Journal of Soils and Sediments*, 21(1), 1-14.

ANEXOS

Certificado de asistencia al primero encuentro departamental RedCOLSI Modalidad híbrida



Imagen 39. certificado del primer encuentro de RedCOLSI.



Imagen 40. certificado del primer encuentro de RedCOLSI.

Certificado de asistencia al semillero de investigación RREDSI



Cali, 1 de Febrero de 2024

LA RED REGIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN RREDSI

Certifica:

Que el investigador(a) Marcos Julian Varela Londoño identificado(a) con el número de documento 1005752642 participó como ponente del proyecto Análisis comparativo del efecto de la ivermectina en las propiedades físico-químicas de un suelo mixto y en una comunidad de escarabajos coprófagos en el municipio de Fresno-Tolima, bajo la modalidad de Poster e identificado con el código interno C135233-3534 en el marco del XIII encuentro Regional de semilleros de investigación, desarrollado el 19 y 20 de Octubre de 2023 en la ciudad de Santiago de Cali

Carlos H. Valencia L.L. PhD.
Facultad de Salud
Universidad del Valle

Royer David Estrada Esponda, Ms.C
Coordinador Regional
RREDSI

Carlos Arango Pastrana, PhD.
Facultad de Ciencias de la Administración
Universidad del Valle

Imagen 41. certificado de semillero de investigación RREDSI



Cali, 22 de Octubre de 2023

LA RED REGIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN RREDSI

Certifica:

Que el investigador(a) Laura Daniela Olaya Giraldo identificado(a) con el número de documento 1006023514 participó como ponente del proyecto Análisis comparativo del efecto de la ivermectina en las propiedades físico-químicas de un suelo mixto y en una comunidad de escarabajos coprófagos en el municipio de Fresno-Tolima, bajo la modalidad de Poster e identificado con el código interno C135233-3534 en el marco del XIII encuentro Regional de semilleros de investigación, desarrollado el 19 y 20 de Octubre de 2023 en la ciudad de Santiago de Cali

Carlos H. Valencia L.L. PhD.
Facultad de Salud
Universidad del Valle

Royer David Estrada Esponda
Coordinador Regional
RREDSI

Carlos Arango Pastrana, PhD.
Facultad de Ciencias de la Administración
Universidad del Valle



RREDSI
Red Regional de Semilleros de Investigación

XIII Encuentro Regional de Semilleros de Investigación



Imagen 42. certificado de semillero de investigación RREDSI

Insignia del XIII encuentro regional de semilleros de investigación RREDSI 2023



👉 ¡Enhorabuena! Obtuviste una puntuación de 94/100 en tu trabajo. ¡Felicidades! 🎉

Análisis Comparativo Del Efecto De La Ivermectina En Las Propiedades Físico-químicas De Un Suelo Mixto Y En Una Comunidad De Escarabajos Coprófagos En El Municipio De Fresno-tolima.

XIII Encuentro Regional de Semilleros de Investigación RREDSI 2023

Ponentes

Marcos Julian Varela Londoño
marcos.varela@ucm.edu.co

Laura Daniela Olaya Giraldo
laura.olaya@ucm.edu.co

Imagen 43. insignia del XIII encuentro regional de investigación RREDSI 2023

Imágenes de asistencia a los eventos



Exposición de la investigación en los eventos de RREDSI y RedCOLSI



Imagen 44. Participación eventos de RREDSI y RedCOLSI



Universidad[®]
Católica
de Manizales

VIGILADA MINEDUCACIÓN

*Obra de Iglesia
de la Congregación*



Hermanas de la Caridad
Dominicas de La Presentación
de la Santísima Virgen

Universidad Católica de Manizales
Carrera 23 # 60-63 Av. Santander / Manizales - Colombia
PBX (6) 8 93 30 50 - www.ucm.edu.co