

**EVALUACION DE LAS ESPECIES *Pteridium aquilinum* y *Crysopogon zizanioides* EN LA
RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR LA AGRICULTURA EN LA
FINCA AVE MARIA CORREGIMIENTO DE ATANQUEZ – CESAR.**



WALTER ENRIQUE ARREGOCES MARTINEZ

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR - CESAR

2023

**EVALUACION DE LAS ESPECIES *Pteridium aquilinum* y *Crysopogon zizanioides* EN LA
RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR LA AGRICULTURA EN LA
FINCA AVE MARIA CORREGIMIENTO DE ATANQUEZ-CESAR**

AUTOR:

WALTER ENRIQUE ARREGOCES MARTINEZ

DIRECTOR:

ING. JOSE SANTANDER DURANTE ESCALONA

ASESOR:

ING. ANA MARIA MENDOZA ARAUJO

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR - CESAR

2023

NOTA DE ACEPTACION

PRESEIDENTE DEL JURADO

JURADO 1

JURADO 2

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por ser mi pilar fundamental



AGRADECIMIENTOS

A mis padres

En primer lugar, le agradezco a mis padres quienes han sido mi soporte moral, material y económico, mi apoyo incondicional para lograr esta meta.

A mis hermanos

Mis compañeros de vida les agradezco los consejos y apoyo moral.

A mis docentes

Les agradezco por siempre brindar conocimientos y despejar las dudas.



CONTENIDO

1.	INTRODUCCION	12
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
3.	JUSTIFICACION	16
4.	OBJETIVOS	18
4.1.	OBJETIVO GENERAL	18
4.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	18
5.	MARCO REFERENCIAL.....	19
5.2.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION	19
5.2.	MARCO TEORICO.....	22
5.2.1.	Contaminación del Suelo	23
5.2.2.	Fitorremediación	27
5.2.3.	Pteridium aquilinum	28
5.2.4.	Crysopogon zizanioides	30
5.2.5.	Parámetros de Análisis de Suelo	31
5.3.	MARCO CONCEPTUAL.....	33
5.4.	MARCO CONTEXTUAL	35
5.4.1.	Corregimiento de Atanquez	36
5.5.	MARCO LEGAL	37
6.	MARCO METODOLOGICO.....	43
6.1.	LINEA, SUBLINEA Y AREA TEMATICA DE LA INVESTIGACION.....	43
6.2.	ENFOQUE DE LA INVESTIGACION	43
6.3.	ALCANCE DE LA INVESTIGACION	43
6.4.	POBLACION ESTUDIO.....	44

6.5. MUESTRA POBLACIONAL	44
6.6. DISEÑO DE LA INVESTIGACION	44
6.7. ESTRATEGIA DE DESARROLLO METODOLOGICO	44
6.7.1. Etapa 1: Identificar las propiedades fisicoquímicas iniciales del suelo objeto de estudio en la finca Ave María corregimiento de Atanquez-Cesar.	44
6.7.2. Etapa 2: Desarrollar las alternativas de tratamiento del suelo por medio de la aplicación de las especies Pteridium aquilinum y Crysopogon zizanioides en el suelo objeto de estudio	47
6.7.3. Etapa 3: Valorar el comportamiento del suelo con la aplicación de las especies pteridium aquilinum y crysopogon zizanioides como alternativa para recuperar suelos contaminados por agroquímicos en la finca Ave María corregimiento de Atanquez-Cesar	48
7. RESULTADOS Y ANALISIS	49
8. CONCLUSION.....	62
9. RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS	65
ANEXOS	69



CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Mecanismos de fitorremediación	28
Tabla 2. Descripción botánica del Pteridium aquilinum.....	29
Tabla 3. Descripción botánica del Crysopogon zizanioides	30
Tabla 4: Niveles de materia orgánica (%) según el tipo de textura del suelo	32
Tabla 5: Normograma	38
Tabla 6. Parámetros de caracterización del suelo	46
Tabla 7. Relación de tratamientos	47
Tabla 8. Modelo del diseño experimental por repeticiones	47
Tabla 9: Valores comparativos de estudio de suelo, finca Ave Maria.....	59



CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Pteridium aquilinum.....	29
Ilustración 2. Crysopogon zizanioides	30
Ilustración 3. Ubicación de Valledupar - Cesar.	36
Ilustración 4: Ubicación de la Finca Ave María	37
Ilustración 5. Pasos para obtener muestra de suelo.....	46



CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Contaminación local y difusa del suelo	25
Figura 2. Trayectoria de transporte de los plaguicidas en el medio ambiente	26



Contenido de Fotografías

Fotografía 1. Adecuación del terreno.....	50
Fotografía 2. Abertura de hoyo para muestreo.....	50
Fotografía 3. Mezcla de submuestras y empacamiento en bolsas.....	51
Fotografía 4: Esqueje Pteridium aquilinum	55
Fotografía 5: despunte de raíces Crysopogon zizanioides	55
Fotografía 6: siembra de Crysopogon zizanioides en la finca Ave Maria	57
Fotografía 7: Cultivo de Pteridium aquilinum	58



1. INTRODUCCION

En nuestro planeta tierra, la atmosfera, los ambientes acuáticos y terrestres han sufrido, y continúan sufriendo, por la degradación que afecta a los suelos, las aguas, la vegetación, la fauna y deterioro del clima. Su bien la tierra, recurso que involucra cada uno de dichos componentes, está sujeta a complejas influencias de agentes de la naturaleza, los ambientes y ecosistemas son, de manera creciente, controlados, alterados y degradados por las actividades humanas.

El suelo es un recurso natural que necesita de un largo periodo de tiempo para su formación, lo que hace que se le considere como un recurso natural no renovable. Ante esta situación se nos presentan dos alternativas: elaborar estrategias para su conservación o simplemente perder un recurso imprescindible. Cuando un suelo alcanza su madurez está en equilibrio con sus factores ambientales y tiende a adquirir, generalmente, unas condiciones adecuadas para una buena producción biológica. Si este equilibrio se rompe, la evolución natural se modifica y se desarrollan una serie de procesos que tienden a la disminución de la calidad del suelo y, por consiguiente, a su degradación. La degradación del suelo afecta a extensas áreas del planeta y suelos que actualmente no están degradados se encuentran amenazados de serlo en el futuro cercano.

La vulnerabilidad de un suelo es su susceptibilidad para degradarse y depende de su capacidad de resiliencia. La resiliencia del suelo es la capacidad de un suelo para recuperar su integridad funcional y estructural después de una perturbación y depende del tipo de suelo y vegetación, del clima, del uso de la tierra, del tipo de perturbación y del tiempo de la perturbación. Las malas prácticas agropecuarias y la falta de un esquema de planeación en las dinámicas del uso del suelo hacen que los terrenos sean más vulnerables a padecer de los estragos de los fenómenos naturales (IGAC, 2015).

Los suelos donde se realizan prácticas tradicionales de manejo en los sistemas de producción agropecuarios tales como: sobre preparación de los suelos, siembra de monocultivos limpios y escasas rotaciones, alto uso de insumos, especialmente insecticidas y herbicidas, potreros limpios sin árboles de sombrío ni cercas vivas, sobrepastoreo de las praderas, bajo uso de leguminosas y tala de bosques de galería, contribuyen con el deterioro físico, químico y biológico del suelo.

Es por ello el estudio busca disminuir el efecto de la degradación de los suelos a través de *Pteridium aquilinum* (helecho) y *Crysopogon zizanioides* (Vetiver) tienen la capacidad de absorber y retener los nutrientes del suelo, disminuyendo la degradación. Con ello se busca demostrar que hay métodos naturales para mejorar y recuperar suelos degradados, habiendo soluciones efectivas y de bajo costo.

Teniendo en cuenta la problemática ambiental por degradación del suelo, presente en el Municipio de Atanquez, se hace necesaria la búsqueda de mecanismos sustentables para el control y mitigación de la erosión a través de la recuperación de la cobertura vegetal. De allí surge la idea de este proyecto, que consiste en de las especies *pteridium aquilinum* y *crysopogon zizanioides* para la recuperación de las propiedades físicas y químicas del suelo degradado en la finca ave maría corregimiento de Atanquez – Cesar.



2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El deterioro progresivo evidenciado en los suelos colombianos, se debe a los fenómenos de erosión y remoción de masas que son generados por la erosión física y química, y por los efectos negativos que trae el cambio climático, la sedimentación en las fuentes hídricas, la extracción de minerales, la deforestación, entre otros (Díaz Mendoza, 2011). La característica distintiva de los suelos degradados desde el punto de vista agrícola es que no contienen suficientes nutrientes para favorecer el crecimiento de la mayoría de las plantas de cultivo. La degradación es un proceso de transformación de una extensión árida, semiárida, subhúmeda o húmeda es un espacio con menos vida, este tipo de proceso conduce a la destrucción de muchos ecosistemas, de la productividad natural y a la disminución potencial de estas áreas.

La sociedad desde hace décadas, en su mayoría, se desarrolla bajo un modelo económico capitalista enfocado hacia la explotación de recursos y la obtención de la máxima rentabilidad, una situación que ha causado un deterioro generalizado en el medio ambiente y ha configurado una problemática de alcance global, en la cual según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, 2018) el 33% del suelo a nivel mundial se encuentra contaminado.

La importancia del suelo es fundamental para garantizar la sostenibilidad de las diferentes formas de vida en el planeta tierra, puesto que al ser un recurso finito su degradación no es recuperable y genera reacciones en cadena como la alteración de la biodiversidad, la reducción de la materia orgánica que actúa como un filtro, entre otros aspectos (FAO, 2018).

De este modo, la realización de las actividades industriales es una de la mayores fuentes contaminantes debido a diferentes prácticas que han normalizado durante años, generando efectos nocivos tanto en el corto como en el largo plazo, entre esas acciones identificadas por Chan y otros (2015) se encuentran: el entierro de sustancias tóxicas bajo el suelo, el almacenamiento inadecuado o sin planeación de residuos, el vertido accidental de químicos, la acumulación de basuras, las fugas por problemas en las infraestructuras, el uso de pesticidas, el uso de algunos materiales, las chimeneas de las plantas de producción, entre otras.

En Colombia de acuerdo con El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) el estado de los suelos es crítico, puesto que cerca del 40% tiene algún grado de erosión, eso equivale a 45 millones de hectáreas, siendo uno de los problemas centrales su compactación, un fenómeno que explican al afirmar que “es como si se estuvieran asfixiando. Están perdiendo su porosidad; cuando eso pasa, el suelo se degrada, se erosiona y pierde capacidad para producir alimentos, retener y liberar agua” (IGAC, 2018, p. 23). Entre sus orígenes identifican las malas prácticas agrícolas y agropecuarias con la inclusión constante de químicos, la tala de árboles, la minería indiscriminada y la contaminación de las fuentes de agua, entre otras.

Los departamentos que presentan mayor afectación son Caldas, Cesar y Córdoba, sin embargo, también los están “Cundinamarca, Santander, La Guajira, Atlántico, Magdalena, Sucre, Tolima, Quindío, Huila y Boyacá” (Udca, 2017, p. 23). De esa forma cerca del 70% del territorio experimenta un crecimiento constante en la erosión, lo cual para el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018) implica una disminución constante en la calidad del terreno, una reducción de los ecosistemas y un desafío para garantizar la seguridad alimenticia de los habitantes

A través del tiempo el uso excesivo del suelo para la actividad agrícola en el corregimiento de Atanquez ha dejado su huella, afectando en su mayor parte la fertilidad y la capacidad de este para producir cultivos. La degradación del suelo en estudio tiene diferentes factores, pero principalmente por el exceso de uso en la agricultura con fertilizantes sintéticos, se convirtió en una zona desértica, generando problemas a los agricultores. A pesar de que esta afirmación es de conocimiento general, se ha podido observar el empeoramiento de la calidad de vida de la población que allí habita, como consecuencia de su baja productividad agrícola, que repercute en su sostenibilidad económica.

Por esta razón nace el interrogante ¿la evaluación de las especies *Pteridium Aquilinum* y *Crysopogon Zizanioides* en la recuperación de suelos degradados por la agricultura en la finca Ave Maria Corregimiento de Atanquez – Cesar servirá como alternativa de mejoramiento del suelo?

3. JUSTIFICACION

El suelo tiene una gran importancia en el desarrollo de la sociedad, tal como lo plantea Burbano (2016) este es un recurso finito, que presta diversos servicios ecosistémicos, como la producción de alimentos, fijación de carbono, Reserva de biodiversidad, Almacenamiento y filtración de agua, Entorno físico y cultural para la humanidad, claramente es muy diverso el uso o papel que tiene el suelo en la sociedad, siendo base de las actividades humanas y los diferentes servicios ambientales prestados repercute en el beneficio y calidad de vida de las personas.

La necesidad e importancia de este tema de estudio, se ve ratificado por la FAO (2015), puesto que este organismo especializado de la ONU, considera que el cuidado y la recuperación del suelo es un desafío esencial para garantizar el futuro del planeta, debido a sus invaluable aportes al equilibrio ambiental, en palabras de la FAO (2015) “El suelo alberga la cuarta parte de la diversidad biológica del planeta” (p. 11), debido a los millones de microorganismos que allí tienen lugar, además de ser la mayor reserva de carbono orgánico y ser un agente activo en la mitigación del cambio climático a través del secuestro de carbono.

De tal forma que la fitorremediación es una respuesta, que ha tomado una gran fuerza en los últimos años, debido a su capacidad de descontaminar con un costo relativamente bajo, de acuerdo a lo dicho por González (2010), su implementación mejora la calidad ambiental de la zona donde se utiliza, teniendo en cuenta que permite la aplicación in situ, convierte a la tecnología en mucho más económica y solo siendo necesario realmente solo un monitoreo a lo largo del proceso.

En el caso de la investigación, cabe destacar que estas tecnologías, cuentan con diferentes técnicas a utilizar y depende el tipo de contaminación a tratar, de acuerdo al objeto de estudio, se realizara por medio de Fitoestabilización, teniendo en cuenta que se busca mejorar suelos degradados por procesos agrícolas que han causado perdida de equilibrio en las propiedades del suelo, la selección de las especies *pteridium aquilinum* más conocida como el helecho y *crysopogon zizanioides* también llamada Pasto vivir, tienen la característica de ser de fácil adquisición y se destacan según lo dicho por León (2017) por su capacidades de restauración y conservación del suelo.

Por consiguiente, la utilización de especies vegetales en la recuperación del suelo, ha sido una oportunidad para el país de implementar medidas con alta viabilidad técnica y a un bajo costo, a comparación de otras tecnologías de recuperación, teniendo en cuenta la importancia que tiene el suelo en nuestra sociedad, es indispensable que día a día exista una búsqueda de técnicas y acciones encaminadas a la preservación de este recurso y crear una consciencia en las comunidades que lo utilizan como fuente de ingresos, el mantener las buenas prácticas agrícolas y ganaderas sostenible en el tiempo.

Otro aspecto que esta investigación pretende es identificar y visibilizar los nuevos instrumentos que son pertinentes para la recuperación del suelo en el país. Además, es una oportunidad para el autor de seguir profundizando en una mirada actualizada de como la Ingeniería Ambiental a partir del conocimiento puede generar nuevos caminos y estrategias para aportar al desarrollo sostenible de la sociedad, sin que necesariamente tengan que ir por vías diferentes la economía y el medio natural.



4. OBJETIVOS

4.1.OBJETIVO GENERAL

Evaluar la recuperación de suelos degradados por la agricultura con el uso de especies *Pteridium aquilinum* y *Crysopogon zizanioides* en la finca Ave María corregimiento de Atanquez-Cesar

4.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS

Identificar las propiedades fisicoquímicas iniciales del suelo objeto de estudio en la finca Ave María corregimiento de Atanquez – Cesar.

Desarrollar las alternativas de tratamiento del suelo por medio de la aplicación de las especies *pteridium aquilinum* y *crysopogon zizanioides* en el suelo objeto de estudio.

Valorar el comportamiento del suelo con la aplicación de las especies *pteridium aquilinum* y *crysopogon zizanioides* como alternativa para recuperar suelos contaminados por agroquímicos en la finca Ave María corregimiento de Atanquez – Cesar.



5. MARCO REFERENCIAL

5.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

A continuación, se presentarán los referentes de autores e investigaciones relevantes que anteceden este proyecto, este capítulo de la investigación presentaremos estudios con bases teóricas de los últimos años, basados en la recuperación de suelos contaminados por agroquímicos en un contexto regional, local, nacional e internacional.

Los autores Jaime H. & Suarez I. (2020). Desarrollaron la investigación titulada el Compostaje como alternativa para la recuperación de suelos contaminados por agroquímicos; para optar el título de Especialistas en biotecnología agraria para la Universidad Nacional Abierta y a Distancia en Ocaña, Norte de Santander. Esta investigación se llevó a cabo en las siguientes etapas: Los resultados de la investigación fueron la propuesta de alternativas para la mitigación de la contaminación por el empleo de agroquímicos mediante el uso de compostaje en el contexto colombiano. La forma que se utilizó para la adquisición de información fue la revisión de documentos encontrados en bases de datos como Scielo, Scopus, ScienceDirect y repositorios institucionales de la UNAD. Las categorías utilizadas para la recuperación de la información fueron: compostaje, recuperación de suelos y contaminación de suelos con agroquímicos. Una vez seleccionada la información se realizó lectura crítica y se procedió a respectivo análisis documental.

Dávila (2018), presento el proyecto denominado Evaluación del crecimiento de la Shapumba (*Pteridium aquilinum*) para la recuperación de suelos degradados en Puente Piedra-Lima, 2018, tuvo como objetivo evaluar el crecimiento de la Shapumba (*Pteridium aquilinum*) para la mejora de suelos degradados en Puente Piedra- Lima, la Shapumba se obtuvo de la Departamento de san Martín en total 18 plantas, los cuales fueron sembrados en hoyos, ubicándolos en parcelas (9) de 1.33 m² 3,, en conclusión el T2 con la siembra de 6 plantas por hoyo aumentó en casi todos los parámetros evaluados sin embargo en el contenido materia orgánica fue el más significativo con una (1.32 %) mejorando las características químicas del suelo, demostrando así una efectividad del crecimiento de la Shapumba para la recuperación del suelo y puedan ser utilizados para la agricultura.

Álzate y García (2017), desarrollaron la investigación titulada Degradación de la materia seca y su relación con liberación de nitrógeno en arreglos agroforestales; para optar el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario para la Universidad de la Rioja, España. Con la finalidad de determinar la degradación simulada de la materia seca del matarratón en el suelo, en cuatro tratamientos de cercas vivas, banco de proteína, pastura en callejones y cultivo en callejones; usando bolsas de nylon, durante un período de 16 semanas; en tiempos predeterminados y se evaluó las características de la biomasa y la liberación de nitrógeno para conocer su importancia como abono orgánico para el suelo y su potencial uso para mejorar la calidad del mismo. Los principales resultados fueron; la biomasa del matarratón presentó una tasa de mineralización o degradación promedia de 3.4% por semana, además fue evidente el aporte de nitrógeno por parte del matarratón al suelo, donde presentó una buena liberación por semana de aproximadamente 5.5% adecuada para mantener la presencia de este elemento en el suelo, y de forma rápida ya que a partir de las cuatro semanas se reportan los mayores niveles de liberación y ambientalmente el matarratón ayuda a promover la conservación de los recursos naturales ya que su interacción con el suelo presenta resultados positivos e importantes para una sostenibilidad de origen orgánico, evitándose de esta manera la utilización de elementos químicos o tóxicos que dejen efectos indeseables para el medio ambiente.

Hernández GM. Álvarez NA & Ríos-Osorio LA (2017). Desarrollaron la investigación Biorremediación de organofosforados por hongos y bacterias en suelos agrícolas; para optar el título de Especialistas en Salud y Sostenibilidad para la Universidad de Antioquia en Medellín, Colombia. Con la finalidad de investigar técnicas de biorremediación como una alternativa para transformar los plaguicidas en compuestos más simples y poco contaminantes mediante el uso del potencial metabólico de los microorganismos. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue describir los hongos y bacterias involucrados en la biorremediación de los principales plaguicidas organofosforados empleados en suelos agrícolas por medio de una revisión sistemática de la literatura científica, con el fin de aportar información útil para la realización de estudios posteriores. Finalmente, determinando que el éxito o el fracaso de la biorremediación depende de varios factores, tales como la capacidad competitiva de los microorganismos, la biodisponibilidad,

la concentración del organofosforado, la humedad, el pH, la temperatura del suelo, el tipo de suelo, la presencia o ausencia de suplementos nutricionales y la concentración del inóculo.

Muñoz (2016), presento el proyecto denominada Revisión panorámica del uso del pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) en restauración de taludes como técnica de bioingeniería del suelo, busca determinar si una propuesta de montaje de pasto vetiver *Chrysopogon zizanioides* para control de taludes resulta ser la adecuada al hacer una revisión de casos prácticos en el mundo y en Colombia donde se comparan técnicas de ingeniería convencional y bioingeniería del suelo para restauración de taludes erosionados y al combinar técnicas de ingeniería convencional con bioingeniería para hacer control de erosión en taludes, de acuerdo con los resultados de procesos exitosos parece ser una buena recomendación a quien desee hacer este tipo de proyectos.

El Autor Xiong J. (2015), Desarrolló la investigación titulada Recuperación y rehabilitación de suelos contaminados con elementos traza mediante la aplicación de enmiendas y el establecimiento de una cubierta vegetal natural o de una planta de crecimiento rápido (*PAULOWNIA FORTUNEI*); en la presente Tesis se llevaron a cabo dos experimentos de recuperación natural asistida de suelos contaminados con elementos traza, uno en condiciones de campo y otro en contenedores al aire libre (condiciones de semicampo). Esta investigación se llevó a cabo en las siguientes etapas: 1) el estudio del efecto de enmiendas en las propiedades químicas y bioquímicas de suelos contaminados con elementos traza; 2) la evaluación del efecto de las enmiendas en las variaciones de las concentraciones de elementos traza biodisponibles a medio y largo plazo. (Xiong, 2015)

Arce S., Azuaje, J., & Hernández A. (2012). Desarrollaron la investigación titulada Uso de *Chrysopogon zizanioides* para la fitorremediación de suelos contaminados por As y Hg; para la Universidad Simón Bolívar en Caracas, Venezuela. Esta investigación se desarrolló Etapa 1: se tomaron muestras de quince (15) plantas de vetiver con características homogéneas. Las plantas seleccionadas se aclimataron por un período de una semana. Posteriormente se realizó siembra en potes con suelos de vertedero ilegal de Lomas de Tabure (Cabudare Estado Lara) en la cual se comprobó la presencia de elevadas concentraciones de los elementos tóxicos mencionados. Etapa 2: Se realizó el seguimiento semanal de las características en cuanto se refiere al crecimiento de

Chrysopogon zizanioides. El análisis de muestras de raíz, tejido foliar y suelo (antes y después del tratamiento) se realiza por medio de espectrometría de absorción atómica en llama y Fluorescencia de rayos X. Se obtuvo que el crecimiento de las plantas del grupo control y experimental, no mostró una diferencia significativa entre ambos grupos, en cuanto al crecimiento del follaje y nuevos retoños se observó una diferencia mínima entre ambos tratamientos a partir de la semana dos, en donde la mayor cantidad de hojas nuevas se presentó en el grupo control, es decir, que durante el periodo de seguimiento, las plantas expuestas a suelos con altos contenidos de mercurio presento el mismo comportamiento en cuanto a crecimiento y follaje en comparación al grupo sembrado con suelos sin contaminantes Finalmente durante el periodo de seguimiento de éste trabajo, se observó que Chrysopogon zizanioides tolera los altos contenidos de mercurio del suelo, cabe destacar que no hubo cambios en sus características físicas como rigidez, coloración ni marchitez.

5.2. MARCO TEORICO

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2021), define el Suelo como el medio natural para el crecimiento de las plantas. También se ha definido como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas.

La estructura del suelo es el resultado de su composición granulométrica, la actividad biológica y una serie de condiciones físico-químicas que permiten la aglomeración de las partículas. El predominio de unos u otros procesos origina los distintos tipos de estructura. En la formación de la estructura es muy importante la acción de los coloides (arcilla y materia orgánica) y las sustancias cementantes del suelo (carbonatos, sesquióxidos, etc.), que forman recubrimientos alrededor de las partículas más gruesas, englobándolas en grupos (Agricultura, 2021)

Para (J., 2002), la estructura del Suelo es una de sus principales propiedades, ya que el arreglo que presente la fase sólida está determinando el espacio que queda disponible para las otras

dos fases de éste: la líquida y la gaseosa; puede decirse que esta propiedad es la que controla las interrelaciones entre las diferentes fases físicas del suelo y la dinámica de líquidos y gases en él. Por tal razón la estructura del suelo es un parámetro que puede variar, dependiendo de las condiciones climáticas, el manejo del suelo, los procesos edáficos, etc.

La estructura del suelo se la define como el arreglo de las partículas del suelo. Se debe entender por partículas, no solo las que fueron definidas como fracciones granulométricas (arena, arcilla y limo), sino también los agregados o elementos estructurales que se forman por la agregación de las fracciones granulométricas. Por lo tanto, «partícula» designa a toda unidad componente del suelo, ya sea primaria (arena, limo, arcilla) o secundaria (agregado o unidad estructural). La estructura del suelo y su estabilidad juegan un rol fundamental en muchos procesos del suelo y su interacción con las plantas: erosión, infiltración de agua, exploración radicular, aireación y resistencia mecánica. Esto indica que todas las prácticas agronómicas deberían hacerse con carácter de conservación de la misma

5.2.1. Contaminación del Suelo

El término “contaminación del suelo” se refiere a la presencia en el suelo de un químico o una sustancia fuera de sitio y/o presente en una concentración más alta de lo normal que tiene efectos adversos sobre cualquier organismo al que no está destinado. Aunque la mayoría de los contaminantes tiene origen antropogénico, algunos contaminantes pueden ocurrir naturalmente en los suelos como componentes de minerales y pueden ser tóxicos en concentraciones altas. Con frecuencia, la contaminación del suelo no puede ser evaluada directamente o percibida visualmente, convirtiéndola en un peligro oculto (Rodríguez, McLaughlin, & Pennock, 2019, p.1.).

La contaminación del suelo se define como el desequilibrio físico, químico o biológico debido a la acumulación de sustancias a niveles tóxicos para los organismos del suelo, provocando pérdida de la productividad del suelo. A diferencia de los que ocurre en el aire y en el agua, en el suelo los contaminantes son poco móviles. Los procesos de dilución prácticamente no existen. Solo un pequeño porcentaje de la contaminación del suelo se elimina por el regadío, escurrimiento o lixiviación (Encinas, 2011, 79).

Mala gestión de los residuos urbanos e industriales: vertidos incontrolados, acumulaciones incorrectas, ruinas industriales, enterramientos de bidones y envases, antiguos enterramientos de residuos, etc: (Ayuntamiento de Carmona, 2011, p. 431)

- Malas prácticas en instalaciones industriales: fugas, almacenamiento incorrecto.
- Accidentes en el transporte, almacenamiento y manipulación de productos químicos.
- Tratamiento incorrecto de las aguas residuales urbanas e industriales, mal estado de las redes de saneamiento, fugas, etc.
- Empleo indiscriminado de fitosanitarios.
- Deposición de contaminantes atmosféricos

5.2.1.1. Tipos de Contaminantes

La contaminación del ambiente se produce por la incorporación de cualquier tipo de energía, organismo o sustancia, que afecta las características de los ecosistemas, modificando negativamente sus propiedades y su capacidad para asimilarlas o degradarlas. Su entrada se realiza como consecuencia de las actividades antropogénicas, aunque también se puede producir de forma natural. De manera general, los contaminantes se clasifican en: (Delgado & et al, 2011, p.598)

- **Contaminantes orgánicos:** incluyen hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's), PCB's, dioxinas, hidrocarburos de petróleo, disolventes clorados, compuestos aromáticos que se emplean en la producción de colorantes, explosivos, productos farmacéuticos, plaguicidas (herbicidas, insecticidas y fungicidas), surfactantes, entre otros. En comparación con los compuestos inorgánicos, estos contaminantes son menos tóxicos para las plantas, ya que son menos reactivos y se acumulan en menor proporción
- **Contaminantes inorgánicos:** incluyen a los metales pesados como Co, Cr o Cu, elementos no metálicos como el As y B (Navarro-Aviñó et al., 2007), y radionúclidos como ^{60}Co y ^{137}Cs (Peles et al., 2002; Popa et al., 2004). Algunos elementos trazan son esenciales para la nutrición y crecimiento de plantas (B, Cu,

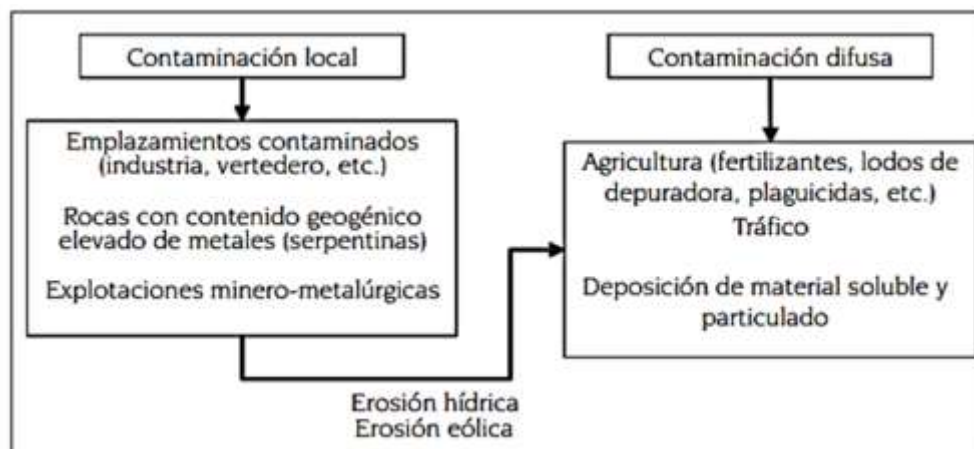
Fe, Mn, Mo y Zn) y animales (As, Cu, Co, Fe, Mn, Mo, Zn, Cr, F, Ni, Se, Sn y V). La toxicidad de estos elementos depende de la concentración, la forma química y su persistencia

5.2.1.2. Contaminación Local o Puntual

La contaminación del suelo puede ser causada por un evento específico o una serie de eventos dentro de un área determinada en la que los contaminantes son liberados al suelo y la fuente e identidad de la contaminación son fácilmente identificadas (Rodríguez, McLaughlin, & Pennock, 2019, p.3.).

Este tipo de contaminación se conoce como contaminación puntual. Las actividades antropogénicas representan las principales fuentes de contaminación de tipo puntual. Entre los ejemplos destacan los emplazamientos de antiguas fábricas, la eliminación inadecuada de desechos y aguas residuales, vertederos no controlados, aplicación excesiva de agroquímicos, derrames de muchos tipos entre otros. Las actividades como la minería y la fundición que se realizan usando normas ambientales pobres son también fuentes de contaminación por metales pesados en muchas regiones del mundo (Rodríguez, McLaughlin, & Pennock, 2019, p.3.).

Figura 1. Contaminación local y difusa del suelo



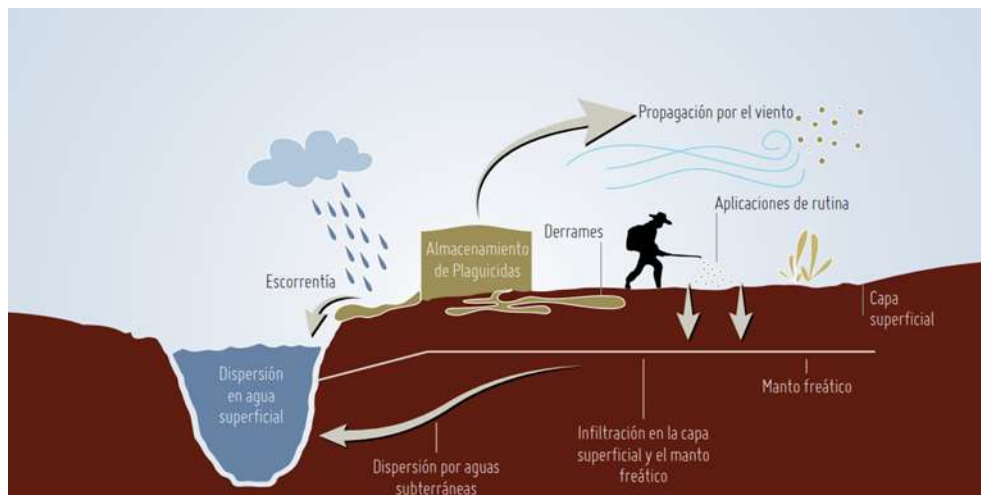
Nota: Representación de la contaminación local y difusa, tomado de (Silva & Correa, 2009).

5.2.1.3. Contaminación Difusa

La contaminación difusa es causada generalmente por el transporte de sustancias contaminantes, tanto solubles como particuladas, a lo largo de amplias zonas con frecuencia alejadas de la fuente de origen. Este tipo de contaminación está más relacionado con la deposición atmosférica determinadas prácticas agrícolas y el tratamiento y reciclaje inadecuado de los lodos de depuración y aguas residuales (Silva & Correa, 2009, p.19).

Muchos de los contaminantes que causan la contaminación puntual pueden estar involucrados en la contaminación difusa, ya que su destino en el medio ambiente no se ha comprendido bien. Los ejemplos de contaminación difusa son numerosos y pueden incluir actividades relacionadas con la energía y armas nucleares; la eliminación incontrolada de desechos y los efluentes contaminados liberados en cuencas o cerca de éstas; la aplicación en los suelos de lodos de depuradora; el uso agrícola de plaguicidas y fertilizantes que también añaden metales pesados, contaminantes orgánicos persistentes, nutrientes en exceso y agroquímicos que son transportados corriente abajo por las aguas de escorrentía; inundaciones; transporte y deposición atmosféricas y/o erosión del suelo (Rodríguez, McLaughlin, & Pennock, 2019, p.4).

Figura 2. Trayectoria de transporte de los plaguicidas en el medio ambiente



Nota: representación gráfica de la trayectoria de los plaguicidas en diferentes recursos naturales, tomado de (Rodríguez, McLaughlin, & Pennock, 2019)

5.2.2. Fitorremediación

Concebido como el método donde se aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo (León,2017, p.19)

Las fitotecnologías se basan en los mecanismos fisiológicos básicos que tienen lugar en las plantas y en los microorganismos asociados a ellas, tales como: transpiración, fotosíntesis, metabolismo y nutrición, las principales son: (Delgadillo & et al, 2011, p.602-603)

- La fitoestabilización permite inmovilizar contaminantes en el suelo a través de su absorción y acumulación en las raíces o bien, por precipitación en la zona de la rizosfera. Este proceso reduce la movilidad de los contaminantes y evita su migración a las aguas subterráneas o al aire
- La rizofiltración utiliza las plantas para eliminar del medio hídrico contaminantes a través de la raíz. En la rizofiltración estas plantas se cultivan de manera hidropónica. Cuando el sistema radicular está bien desarrollado, las plantas se introducen en el agua contaminada con metales, en donde las raíces los absorben y acumulan.
- La fitoextracción o fitoacumulación consiste en la absorción de metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas.
- La fitovolatilización se produce a medida que los árboles y otras plantas en crecimiento absorben agua junto con contaminantes orgánicos e inorgánicos. Algunos de estos pueden llegar hasta las hojas y evaporarse o volatilizarse en la atmósfera.
- En la fitodegradación las plantas y los microorganismos asociados a ellas degradan los contaminantes orgánicos en productos inofensivos, o bien, mineralizarlos hasta CO₂ y H₂O. En este proceso los contaminantes son metabolizados dentro de los tejidos vegetales y las plantas producen enzimas como la dehalogenasa y la oxigenasa, que ayudan a catalizar la degradación.
- La fitoinmovilización provoca la sujeción y reducción de la biodisponibilidad de los contaminantes mediante la producción de compuestos químicos en la interfaz

suelo – raíz, los que inactivan las sustancias tóxicas, ya sea por procesos de absorción, adsorción o precipitación.

Tabla 1. Mecanismos de fitorremediación

Proceso	Mecanismo	Contaminantes
Fitoestabilización	Complejación	Orgánicos e inorgánicos
Fitoextracción	Hiperacumulación	Inorgánicos
Fitovolatilización	Volatilización a través de hojas	Orgánicos e inorgánicos
Fitoimmobilización	Acumulación de rizosfera	Orgánicos e inorgánicos
Fitodegradación	Uso de plantas y microorganismos asociados para degradar	Orgánicos
Rizofiltración	Uso de raíces para absorber y adsorber	Orgánicos e inorgánicos

Nota: tomado de (Delgadillo & et al, 2011).

5.2.3. *Pteridium aquilinum*

Helecho isospóreo vivaz o perenne con un rizoma subterráneo muy desarrollado que llega a alcanzar hasta un metro de longitud de color pardo y cubierto de vellosidades oscuras. Frondes muy grandes, de hasta 2 metros con láminas tri o cuatripinnadas con pinnas ovoides y glabras en el haz mientras que en el envés son muy pilosas, peciolo menor o igual en longitud que la lámina. Posee soros reunidos en cenosoros lineares con doble indusio, por una parte, un pseudoindusio membranoso compuesto por la misma lámina y un indusio verdadero de color pardo situados en el envés de las frondes. Esporangios esferoidales con anillo longitudinal, esporas triletas muy ligeras que se diseminan muy rápidamente por el viento (León,2017, p.66).

Ilustración 1. Pteridium aquilinum



Nota: imagen de la especie Pteridium aquilinum, tomado de (León,2017, p.66)

Tabla 2. Descripción botánica del Pteridium aquilinum

Característica	Descripción
Altura	1- 4,5 m
Vellosidades	Presentes Color café
Raíces	Rizomas subterráneos y rastreros de hasta 2,5 cm de Diámetro
Hojas	Compuestas, tripinadas, varían entre los 0,3 y 3 m de longitud
Soros	Son redondos, de color oscuro, ubicados en dos filas paralelas a lo largo de las pinna

Nota: Información tomada de Plan de Prevención, Manejo y Control del helecho marranero (Pteridium aquilinum (L.) Kuhn) para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR.

El uso de la Shapumba (Pteridium aquilinum) para recuperar suelos degradados se enfoca en la habilidad de este para poder recuperar el suelo ya que se producen individualmente surgen desde arriba desde un rizoma; es capaz de acumular potasio (K); los rizomas movilizan fósforo (F) desde fuentes inorgánicas y lo hacen disponible a la planta porque sus hifas pueden introducirse el suelo degradado. El aporte que se realiza es poder mejorar el suelo degradado porque se considera una alternativa viable y de manera natural. El beneficio que esta nos aporta es limpiar y oxigenar de manera natural (Davila, 2018, p.19).

5.2.4. *Crysopogon zizanioides*

El vetiver es una planta perteneciente a la familia Poaceae, posee numerosas características que la convierten en una valiosa alternativa en muchas partes del mundo para la conservación de los suelos y el agua, la protección y la estabilización de infraestructuras, la prevención de desastres naturales por deslaves, y la restauración y la protección del ambiente. Ha demostrado ser la ideal para la conservación del suelo y agua, la humedad del suelo y otros usos como; biorremediación, bioingeniería, forrajes, agroforestería, etc., (León,2017, p.71).

Ilustración 2. *Crysopogon zizanioides*



Nota: imagen de la especie *Cysopogon zizanioides* tomado de (León,2017)

Tabla 3. Descripción botánica del *Crysopogon zizanioides*

Característica	Descripción
Altura	0,5-1,5 m
Raíces	Crece en grandes macollos a partir de una masa radicular muy ramificada y esponjosa
Hojas	Relativamente rígidas, largas y angostas y tienen hasta 75 cm de largo y no más de 8 mm de ancho
Panícula	Donde se desarrolla la inflorescencia tiene entre 15 a 40 cm de largo

Nota: Información tomada del Manual sobre el uso y manejo del pasto vetiver (Alegre, 2007)

El pasto vetiver es considerado una planta "milagrosa" debido a su morfología única y características fisiológicas, que tienen un sistema de raíces larga y gruesa que puede penetrar de

forma vertical en él. El pasto vetiver (zizanioides) posee un amplio sistema de raíces que puede alcanzar hasta una profundidad de 4 metros, lo que le permite penetrar en las capas más profundas del suelo y absorber contaminantes como metales pesados (León,2017, p.72).

Atributos fisiológicos y morfológicos: (Huamani, 2014, p.9)

- La planta de vetiver no tiene estolones ni rizomas funcionales. Su sistema de raíces finas y compactas crece muy rápido, en algunas aplicaciones puede alcanzar entre 3 y 4 m de profundidad en el primer año.
- Los tallos firmes y erguidos del vetiver pueden crecer hasta tres metros. Cuando se plantan muy juntos forman una barrera viva permeable que retarda el flujo del agua y actúa como un biofiltro muy efectivo.
- Tolerancia a variaciones climáticas extremas como sequía prolongada, inundaciones, sumersión y temperaturas extremas de -15°C a $+55^{\circ}\text{C}$.
- Muy tolerante a suelos con altos niveles de acidez, salinidad, alcalinidad, sodicidad y magnesio.
- Muy eficiente en absorber N y P disuelto en aguas contaminadas.
- Descompone compuestos orgánicos asociados con herbicidas y otros biocidas.
- Regenera rápidamente después de una sequía, helada, fuego, sales y otras condiciones adversas, una vez que estas han sido mitigadas

5.2.5. *Parámetros de Análisis de Suelo*

- Ph: Mide el grado de acidez de un suelo, es decir, la concentración de hidrogeniones (H^+) que existen en el suelo. En la escala de valor máximo 14, el valor de un suelo neutro es 7, siendo ácidos todos aquellos que tengan valores inferiores a 7, y básicos todos aquellos que tienen valores superiores a éste. (Garrido J.,2005). Las plantas cultivadas en general presentan su mejor desarrollo en valores cercanos a la

neutralidad, ya que en estas condiciones los elementos nutritivos están más fácilmente disponibles y en un equilibrio más adecuado (Garrido J.,2005).

- **Textura;** La textura hace referencia al tamaño de las partículas elementales obtenidas a partir de la tierra fina (tamiz 2 mm) de forma que el porcentaje de arena, arcilla y limo de un suelo, determina la clase textural a la que pertenece, clase que se determina con la ayuda del triángulo de textura, el triángulo a utilizar cuando se siguen los criterios ISSS (International Society of Soil Science) (Andrade & Martinez, 2014)
- **Color:** El color del suelo sirve muchas veces para identificar determinadas zonas en los municipios (la alberiza) y por él se conoce muchas veces la calidad de las tierras. El color identifica a muchos suelos por lo que en las clasificaciones científicas se han utilizado los colores como nombres de grupos o clases. El color es producido por los componentes del suelo. Entre ellos son los óxidos de hierro y la materia orgánica los más vistosos. (Garrido J., 2005).
- **Materia orgánica:** La cantidad de materia orgánica de un suelo depende del material vegetal, de la textura del suelo y del pH. Su adecuada proporción: Favorece el desarrollo de una buena estructura, mejorando la aireación del suelo y la capacidad de retención del agua, Protege frente a la erosión., Aumenta la capacidad total de cambio favoreciendo una buena reserva de elementos nutritivos (Andrade & Martínez, 2014). La materia orgánica tiene una elevada capacidad de intercambio catiónico, esto es una gran capacidad para retener cationes en el suelo. Además, favorece la microestructura del suelo siendo un elemento muy positivo en la lucha contra la erosión de los suelos (Garrido J., 2005).

Tabla 4: Niveles de materia orgánica (%) según el tipo de textura del suelo

Arenoso	Franco	Arcilloso	Clasificación
< 0,7	< 1,0	< 1,2	Muy Bajo
0,7 - 1,2	1,0 - 1,5	1,2 - 1,7	Bajo

1,2 - 1,7	1,5 - 2,0	1,7 - 2,2	Normal
1,7 - 2,2	2,0 - 2,5	2,2 - 3,0	Alto
>2,2	>2,5	>3,0	Muy alto

Nota: Información tomada de (Solera, J. M.,1999)

- **Nitrógeno:** El nitrógeno en el suelo se encuentra en dos formas diferentes: orgánica y química. En forma química aparece en forma de nitratos, nitritos y amoníaco. El nitrógeno orgánico o amoniacal se encuentra formando parte de los residuos de cosecha, abonos orgánicos o en los microorganismos del suelo. Este nitrógeno se libera poco a poco para ser utilizado por las plantas. Por lo tanto, la medida analítica de nitrógeno no expresa

5.3. MARCO CONCEPTUAL

Definiciones tomadas del Decreto 2372 del 2010 nivel nacional.

Área protegida: Área definida geográficamente que haya sido designada, regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación.

Diversidad biológica: Es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

Conservación: Es la conservación in situ de los ecosistemas y los hábitats naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en su entorno natural y, en el caso de las especies domesticadas y cultivadas, en los entornos en que hayan desarrollado sus propiedades específicas. La conservación in situ hace referencia a la preservación, restauración, uso sostenible y conocimiento de la biodiversidad.

Preservación: Mantener la composición, estructura y función de la biodiversidad, conforme su dinámica natural y evitando al máximo la intervención humana y sus efectos.

Restauración: Restablecer parcial o totalmente la composición, estructura y función de la biodiversidad, que hayan sido alterados o degradados.

Uso sostenible: Utilizar los componentes de la biodiversidad de un modo y a un ritmo que no ocasione su disminución o degradación a largo plazo alterando los atributos básicos de composición, estructura y función, con lo cual se mantienen las posibilidades de esta de satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones actuales y futuras.

Conocimiento: Son los saberes, innovaciones y prácticas científicas, técnicas, tradicionales o cualquier otra de sus formas, relacionados con la conservación de la biodiversidad.

Gen: Nivel de la biodiversidad que hace referencia a segmentos de ADN en un cromosoma que codifica proteínas específicas y transmite las características hereditarias.

Población: Nivel de la biodiversidad que hace referencia a un grupo de individuos de una especie que se entrecruzan y producen población fértil.

Especie: Nivel de la biodiversidad que hace referencia al conjunto de poblaciones cuyos individuos se entrecruzan actual o potencialmente dando origen a descendencia fértil y que están reproductivamente aislados de otros grupos.

Comunidad: Nivel de la biodiversidad que hace referencia a un conjunto de diversas especies que habitan en una localidad particular, incluyendo sus complejas interacciones bióticas

Ecosistema: Nivel de la biodiversidad que hace referencia a un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional.

Paisaje: Nivel de la biodiversidad que expresa la interacción de los factores formadores (biofísicos y antropogénicos) de un territorio.

Composición: Atributo de la biodiversidad que hace referencia a los componentes físicos y bióticos de los sistemas biológicos en sus distintos niveles de organización.

Estructura: Atributo de la biodiversidad que hace referencia a la disposición u ordenamiento físico de los componentes de cada nivel de organización.

5.4. MARCO CONTEXTUAL

Valledupar es la capital del departamento del Cesar, Colombia. Está ubicada al nororiente de la Costa Caribe colombiana, a orillas del río Guatapurí, en el valle del río Cesar formado por la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía del Perijá. La ciudad es un importante centro para la producción agrícola, agroindustrial y ganadera en la región comprendida entre el norte del departamento del Cesar y el sur del departamento de La Guajira, (Alcaldía Municipal de Valledupar, 2021)

Valledupar está ubicada al norte del Valle del Cesar, entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá, al margen de los ríos Cesar y Guatapurí, en la Costa Caribe colombiana. Su territorio es llano y basculado hacia el sureste mediante una leve pendiente. La ciudad se encuentra a una altitud que oscila entre los 220 m al norte y 150 m a sur, siendo la altitud media de 168 m. Además de las enormes estructuras montañosas que la rodean (Pico Bolívar 5.775 m) sobresalen en inmediaciones de la ciudad dos cerros, al nororiente el "Cicolac" con 330 m.s.n.m. y el de "la Popa" con 310 m.s.n.m (Alcaldía Municipal de Valledupar, 2021).



Ilustración 3. Ubicación de Valledupar - Cesar.



Nota: Ubicación geográfica de Valledupar en el departamento del Cesar, tomado de (Alcaldía Municipal de Valledupar, 2021)

5.4.1. Corregimiento de Atanquez

Atanquez se encuentra situada entre las siguientes coordenadas planas 1'073.000 – 1'074.800 E y 1'673.200 – 1.671.800 N. Aproximadamente a unos 42 kilómetros del casco urbano del municipio de Valledupar, departamento del Cesar (Montero, 2017)

Es el principal asentamiento del pueblo de etnia Kankuamo. Se encuentra ubicada en medio de los ríos Chiscuinlla y Candela. Sus calles empedradas cruzan pequeños cerros y forman 57 hileras de caminos que se comunican entre sí. Está conformada por 18 barrios: Delicias, Medellín, Libertador, Fátima, Alfonso López, San Isidro, Monte Azul, Margaritas, Hogar del Niño, Centro, El Carmen, Ribería, Las Cumbres, Villa Unión, Villa Armando, Simón Bolívar, El Progreso y Ocho de Julio). estiman 6060 habitantes (Montero, 2017).

Asimismo, la actividad económica más representativa, es la agricultura, le sigue la comercialización de la Mochila Atáqueña. Sus principales productos agrícolas son: café, aguacate, mango, plátano, banano y caña de azúcar. Además, se produce alfandoque y panela, productos que hacen un gran aporte a la economía del corregimiento (Montero, 2017).

La finca Ave María Ubicada en el corregimiento. Con las Coordenada: 10°42'38.2" N 73°21'58.6" W 10,710618, -73,366282, se caracteriza por los cultivos de cacao y caña de azúcar, siendo parte representativa de la región por su aporte económico.

Ilustración 4: Ubicación de la Finca Ave María



Nota: ilustración tomada de Google Maps

5.5. MARCO LEGAL

A continuación, se muestra los aspectos legales identificados en leyes, resoluciones, artículos y decretos que nos orientan en nuestra investigación a cumplir con los objetivos establecidos para su ejecución.

Tabla 5: Normograma

Tipo de norma	número de la norma	Descripción	aplicabilidad al proyecto
<p>Constitución Política de Colombia 1991</p>	<p>Artículo 79</p>	<p>Establece el marco general para el uso, acceso y conservación de los componentes del ambiente (entre ellos el suelo); la misma, otorga una importancia fundamental al tema ambiental, al establecer como uno de los principios la obligación del Estado y de las personas de proteger las riquezas culturales y naturales de la nación y para ello, determina que el Estado Colombiano debe proteger tanto la diversidad como la integridad del medio ambiente. Siendo así, se hace mención de los artículos relacionados con la preservación y conservación del medio ambiente</p> <p>La Constitución Política establece que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la</p>	<p>A través de esta norma se establece la participación de la comunidad acerca de la contaminación por agroquímicos que los afectan donde se vulnera sus derechos de proteger la diversidad e integridad del ambiente, además de afectar las áreas de especial importancia ecológica en el Municipio.</p>

participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo y es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”.

Leyes

Ley 2ª de 1959	Artículo 8	Establece la economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables (Política de Bosques). Está reglamentado por el decreto Nacional 2811 de 1974.	el mencionado artículo nos guiará sobre la Política de Bosques y conservación de recursos naturales.
Ley 23 de 1973	Artículo 23	Prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos habitantes del territorio nacional. Concede facultades extraordinarias al presidente de la República	Se pretende crear estrategias de restauración de suelos altamente afectados por agroquímicos

para expedir el CNRN y de Protección al
Ambiente.

Ley 160 de 1994 Artículo 28

Por la cual se crea el Sistema Nacional de
Reforma Agraria y Desarrollo Rural
Campesino, se establece un subsidio para la
adquisición de tierras, se reforma el Instituto
Colombiano de la Reforma Agraria y se
dictan otras disposiciones.

Mediante el estudio de esta ley
evaluaremos las disposiciones del
Desarrollo Rural en la zona de influencia
de nuestra investigación.

Ley 388 de 1997 Artículo 33

Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y
la Ley 2 de 1991 y se establece el
ordenamiento territorial que reglamenta los
usos del suelo. Establece que el
ordenamiento del territorio municipal y
distrital tiene por objeto complementar la
planificación económica y social con la
dimensión territorial, racionalizar las
intervenciones sobre el territorio y orientar
su desarrollo y aprovechamiento sostenible,
mediante:

La definición de las estrategias territoriales de uso, ocupación y manejo del suelo, en función de los objetivos económicos, sociales, urbanísticos y ambientales.

El diseño y adopción de los instrumentos y procedimientos de gestión y actuación que permitan ejecutar actuaciones urbanas integrales y articular las actuaciones sectoriales que afectan la estructura del territorio municipal o distrital.

La definición de los programas y proyectos que concretan estos propósitos.

Decretos

**Decreto 2811 de
1974**

Artículo 28

Señala que el uso de los suelos debe realizarse de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos y que se debe determinar el uso potencial y clasificación de los suelos según los factores físicos,

Evaluaremos las condiciones del suelo y sus consideraciones

ecológicos, y socioeconómicos de la región.
Igualmente, en esta norma se señaló que el
aprovechamiento de los suelos debe
efectuarse en forma tal que se mantenga su
integridad física y su capacidad productora,
lo cual es complementado con el deber de
todos

Resoluciones

**Resolución 0170 del
MADS de 2009**

Artículo 45

Se declaró en Colombia en el año 2009
como año de los suelos y el 17 de junio
como Día Nacional de los Suelos; además se
le asigna al Ministerio, entre otras la
obligación de formular políticas y expedir
normas, directrices e impulsar planes,
programas y proyectos dirigidos a la
conservación, protección, restauración,
recuperación y rehabilitación de los suelos

Se evaluará a través de las directrices
establecidas en la norma la afectación del
suelo.

Nota: Normograma elaborado por el Autor

6. MARCO METODOLOGICO

6.1. LINEA, SUBLINEA Y AREA TEMATICA DE LA INVESTIGACION

La línea de investigación de la investigación es la sostenibilidad y gestión ambiental, tomando como sublínea de investigación Gestión integral ambiental del suelo ya que el objetivo de este proyecto es evaluar la recuperación de suelos degradados por la agricultura con el uso de especies *Pteridium aquilinum* y *Crysopogon zizanioides*, esta investigación abarca temáticas relacionadas como:

- Procesos de restauración, recuperación, preservación y conservación de los suelos (biorremediación, biorremediación, entre otros).
- Manejo y aprovechamiento sostenible del suelo y planificación del desarrollo agrícola, pecuario, forestal y ambiental.

6.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACION

El enfoque de la investigación es Cualitativo debido a que es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos en determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen” (Guevara, Verdesoto & Castro, 2020, p.168), teniendo en cuenta que se va a poner en marcha el uso de las especies *pteridium aquilinum* y *crysopogon zizanioides*, como alternativa de recuperación de suelos degradados por procesos agronómicos, bajo el diagnóstico inicial de las condiciones, fisicoquímicas y biológicas del suelo perteneciente a la Finca Ave María en jurisdicción del departamento del Cesar y que finalmente nos permita seleccionar la alternativa con mayor viabilidad económica, social y ambiental.

6.3. ALCANCE DE LA INVESTIGACION

Alcance descriptivo: Estos estudios tienen como principal función especificar las propiedades, características, perfiles, de grupos, comunidades, objeto o cualquier fenómeno. Se recolectan datos de la variable de estudio y se miden (Hernández – Sampieri y Mendoza, 2018). En este tipo de estudio se observa, describe y fundamentan varios aspectos del fenómeno, no existe la manipulación de las variables, tampoco la búsqueda de causa efecto. Entonces siendo el

alcance de la investigación descriptivo, se determinarán las características particulares de cada especie a nivel de recuperación de suelos degradados por procesos agronómicos, con estrategia metodológica cualitativa, combinando diversas técnicas de indagación: el análisis de registros y la muestra experimental.

6.4. POBLACION ESTUDIO

La población objeto de estudio corresponde a 7 Hectáreas utilizadas en el Cultivo de Caña dentro de la Finca Ave María corregimiento de Ataquez-Cesar.

6.5. MUESTRA POBLACIONAL

La muestra objeto de estudio corresponde a un área de 200 m² dentro de la zona utilizada en el Cultivo de Caña que se evidencia ha sido degradado con mayor intensidad.

6.6. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

El diseño de investigación de este proyecto es experimental ya que esta investigación determina cómo vamos a desarrollar nuestro experimento u observación. De este modo, trata de definir las variables que deben ser observadas, la relación entre elementos, cómo van a ser las variables medidas y cómo procederemos a analizar los datos obtenidos, es decir el diseño de investigación de este proyecto a ejecutar es de campo el cual consiste en tomar los datos directamente de los suelos.

6.7. ESTRATEGIA DE DESARROLLO METODOLOGICO

6.7.1. Etapa 1: Identificar las propiedades fisicoquímicas iniciales del suelo objeto de estudio en la finca Ave María corregimiento de Ataquez-Cesar.

Actividad 1.1: Definir puntos de muestreo

En el desarrollo de la primera etapa, se realizará una investigación documental a fondo, con base a investigaciones realizadas anteriormente en la aplicación de especies vegetales para la recuperación del suelo, principalmente que han sufrido degradación por actividades agrícolas a nivel internacional, nacional y departamental, que nos permita tomar referentes teóricos y metodológicos para aplicar en la investigación. Asimismo, se tomarán fuentes como el IDEAM, IGAC, CORPOCESAR, entre otras; teniendo en cuenta que son entidades que permitirán crear

un diagnóstico inicial de las condiciones ambientales y sociales de esta zona, siendo de gran importancia para el desarrollo del proyecto.

Actividad 1.2 Toma de muestra

Es necesario, para conocer los niveles de degradación del suelo de la Finca Ave María, reconocer el estado actual de las propiedades físicas, químicas y biológicas, del suelo, por lo tanto, es indispensable para el desarrollo de las etapas posteriores, cumplir con un buen muestreo del recurso, de acuerdo a esto, la GUIA DE MUESTREO DE SUELOS dada por el IGAC (2008), será la metodología a utilizar, definida como zig – zag.

En lo definido por el IGAC (2008), La herramienta más apropiada para el muestreo es el barreno, En el método zig – zag se toman unas 15 o 20 submuestras a lo largo y ancho del terreno que luego se mezclan en el balde o lona, posteriormente, para la toma de muestras con pala, se abre un hoyo de aproximadamente 25 x 25 cm de lado y 20 cm de profundidad, se retira los 2 cm primeros del suelo y se extrae la muestra, después se mezcla en un balde las submuestras hasta obtener una muestra compuesta homogénea y se empacan aproximadamente 1 kg en bolsas plásticas o de papel encerado que no hayan sido usadas antes.

El muestreo se realizará dentro de la zona de la población objeto de estudio, en el cual se seleccionarán 3 parcelas con un área de aproximadamente 100 m², donde se tomará una muestra significativa por cada una de ellas de 5 kg.





Ilustración 5. Pasos para obtener muestra de suelo

Nota: (IGAC, 2008) Procedimiento a seguir para obtener una muestra de suelo que represente el área que desea analizar con fines agropecuarios.

Actividad 1.3. Caracterización del suelo

En la última actividad de la primera etapa de la investigación, se van a seleccionar los parámetros a evaluar en el suelo, teniendo en cuenta, que se busca conocer las condiciones reales y el nivel de degradación del suelo de estudio, siendo indispensable para la realización de las siguientes etapas investigativas. Los parámetros evaluar son los siguientes:

Tabla 6. Parámetros de caracterización del suelo

Propiedades	Dimensión	Indicador	Técnica y/o método
Físicas	Color del suelo	Valor, Tabla de Munsell	Método de Munsell 1990
	Textura	%Arc, % L; %A	Método. Bouyoucos
	Materia Orgánica	%	Método. Walkley y Black
	Capacidad de intercambio iónico	miliequivalentes (meq) en 100 gramos de suelo	Método. Acetato de Amonio 1N, pH 7
	Nitrógeno total	%	Método. Micro-Kjeldahl
	Fosforo	Ppm	Método Olsen
	Calcio	miliequivalentes (meq) en 100 gramos de suelo	Método del calcímetro volumétrico

6.7.2. Etapa 2: Desarrollar las alternativas de tratamiento del suelo por medio de la aplicación de las especies *Pteridium aquilinum* y *Crysopogon zizanioides* en el suelo objeto de estudio

Actividad 2.1. Realizar los parcelamientos

En el desarrollo de la segunda etapa del proyecto inicialmente se seleccionó el lugar de la siembra de especies, teniendo en cuenta la muestra objeto de estudio, de acuerdo, a las zonas dentro de la Finca Ave María, que han sufrido mayores niveles de degradación, resultado de los procesos intensivos de cultivos de caña, donde se tuvo en cuenta las condiciones halladas del suelo en la fase anterior de la investigación, asimismo, se tomara una subparcela de 200 m², para la aplicación de las especies in situ.

Actividad 2.2. Aplicación de las especies

En la consecución del desarrollo de la segunda fase del proyecto, en la siguiente tabla se realiza la descripción de cada uno de los tratamientos

Tabla 7. Relación de tratamientos

# Tratamiento	Descripción
0	Blanco
1	12 plántulas de <i>pteridium aquilinum</i>
2	12 plántulas <i>crysopogon zizanioides</i>

Tabla 8. Modelo del diseño experimentar por repeticiones

Numero de repetición	Modelo del diseño		
R1	T0	T2	T1
R2	T2	T1	T0

Nota: información elaborada por el autor, para describir los tipos de tratamientos a implementar en la aplicación de las especies.

6.7.3. Etapa 3: Valorar el comportamiento del suelo con la aplicación de las especies *pteridium aquilinum* y *crysopogon zizanioides* como alternativa para recuperar suelos contaminados por agroquímicos en la finca Ave María corregimiento de Atanquez-Cesar

Actividad 3.1. Caracterización suelo posterior a la aplicación de las alternativas con especies vegetales.

En el desarrollo de la última etapa del proyecto y teniendo en cuenta la aplicación por especies vegetales al suelo objeto de estudio, se realizará nuevamente un análisis de los parámetros del suelo, seleccionados en la Actividad 1.2. de la primera etapa metodológica, de tal forma que se realice una comparación de los resultados iniciales y finales y nos permita definir la variación que tuvo el suelo por cada parámetro y definir si realmente es una tecnología viable para la recuperación de este tipo de suelos.

Actividad 3.2. Establecer recomendaciones técnicas

En desarrollo de la última etapa se presentarán una serie de recomendaciones técnicas que ayuden al momento de la recuperación del suelo, teniendo en cuenta la estrategia de remediación aplicada en esta investigación, que permita ser un apoyo en otro tipo de experimentos a realizar



7. RESULTADOS Y ANALISIS

- **Etapa 1:** Identificar las propiedades fisicoquímicas iniciales del suelo objeto de estudio en la finca Ave María corregimiento de Atanquez-Cesar.

Actividad 1.1: Definir puntos de muestreo

La definición de puntos de muestreo constituyó la etapa inicial para el desarrollo de la investigación ya que es la herramienta fundamental para la adecuada interpretación de los resultados obtenidos en el estudio de suelos. Debido a que el suelo en la finca Ave María no es un material muy heterogéneo, ni con diferentes condiciones de origen, topografía, manejo, tipos de vegetación, etc.; se tomó un área de 200 m² como unidad de muestreo dentro de la finca Ave María del corregimiento de Atanquez, se utilizó un patrón de muestreo al azar que consiste en tomar sub – muestras en todo el campo y mezclarlas muy bien para obtener una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg que se envía a analizar. Para realizarlo, se tomaron sub – muestras descartando áreas atípicas; en esta oportunidad se siguió un camino en zig, zag. Una variación es el muestreo al azar estratificado tomando en cuenta las características físicas del terreno, topografía, color y otras (unidades de muestreo). Se obtuvo una muestra compuesta de sub – muestras tomadas al azar, las submuestras se tomaron trazando líneas imaginarias cruzadas caminando unos 25 a 30 pasos desde cada punto seleccionado de muestreo.

Actividad 1.2: Toma de muestra

El zigzag, método de muestreo seleccionado, inicia por un lado del terreno, se escogió al azar el punto de partida que cubra homogéneamente la Unidad de Muestreo. La condición principal para la toma de estas muestras fue evitar la colecta cerca de las orillas del predio y en lugares donde se haya fertilizado recientemente.

Primeramente, se limpió la superficie de donde se tomará la submuestra de suelo efectuando la parte lateral del surco (talud) y el centro del surco a una profundidad de 0 – 20 cm.



Fotografía 1. Adecuación del terreno

Nota: Fuente, Autores, 2023.

las muestras se tomaron con pala haciendo un hoyo en forma de “V” de 20 cm de profundidad, se tomó una tajada de 2 - 3 cm de espesor. Con un machete se eliminaron los bordes y se seleccionó la parte central de la tajada (no mayor a 5 cm), en cada sitio de muestreo se realizó el mismo procedimiento.



Fotografía 2. Abertura de hoyo para muestreo

Nota: Fuente, Autor 2023.

Seguidamente se depositaron las submuestras en una superficie limpia, en este caso fue una hoja que permitió acomodar las submuestras de suelos y mezclarlas homogéneamente con las manos, luego se tomó una muestra de 1 kg (2 libras) de suelo aproximadamente (muestra compuesta) para enviar al laboratorio, la muestra compuesta de cada lote se depositó en bolsa plástica con su respectiva identificación



Fotografía 3. Mezcla de submuestras y empacamiento en bolsas

Fuente: Autor, 2023.

Actividad 1.3. Caracterización del suelo

Luego de tomar la muestra para realizar el estudio de suelo, se envió al laboratorio AGROSIL para analizar las características que permitan definir las condiciones iniciales que presenta el suelo de la finca Ave Maria en el corregimiento de Atanquez, (ver Anexo 1), arrojando las siguientes condiciones:

- **Textura:** La textura franco arenosa

Esta textura se asocia con alta a moderada capacidad de retención de agua, moderada pérdida de nutrientes por lixiviación, moderada disponibilidad de nutrientes para las plantas y, en general, baja a moderada fertilidad del suelo.

- **Ph:** 6,28 ligeramente ácido. Este resultado indica que el suelo disminuye moderadamente la absorción de P y ligeramente la de K y S
- **Contenido de MO – CO – N total:** deficiente. El suelo en la finca ave maría presenta deficiente contenido de materia orgánica lo que se traduce a un suelo poco fértil, baja disponibilidad de agua, susceptibilidad a la erosión y compactación.
- **N disponible:** deficiente. La deficiencia de nitrógeno generalmente produce un retardo en el crecimiento de la planta, clorosis en follaje y puede favorecer el aborto de flores y frutos
- **P disponible:** óptimo. El contenido de Fosforo en el suelo favorece el crecimiento de las plantas y ayudar a que se reproduzcan de forma óptima
- **K – Potasio:** deficiente. La deficiencia de potasio generalmente produce clorosis apical y en el borde de las hojas (que puede convertirse en necrosis), aborto y alteraciones del color en frutos y exudación de sustancias azucaradas. La deficiencia puede incrementarse por altos niveles de calcio, magnesio o sodio.

- **Ca:** exceso. El exceso de calcio en el suelo de la finca Ave Maria puede generar deficiencia de potasio, magnesio o boro.
- **Mg:** deficiente. La deficiencia de magnesio puede provocar la clorosis intervenal y apical en hojas maduras, aborto de flores y frutos y retardo general del crecimiento. La deficiencia se puede incrementar por altos niveles de potasio, calcio y sodio.
- **S:** deficiente. La deficiencia de azufre puede provocar clorosis generalizada en el follaje. Los síntomas de esta deficiencia no son muy comunes en suelos colombianos
- **Fe:** deficiente. La deficiencia de hierro puede generar clorosis intervenal en hojas jóvenes y coloraciones rojizas en hojas maduras. Esta deficiencia se puede incrementar por un exceso de zinc. Puede confundirse fácilmente con la deficiencia por manganeso.
- **Mn:** deficiente. La deficiencia de manganeso puede generar clorosis intervenal en hojas jóvenes y coloraciones rojizas en hojas maduras. Esta deficiencia se puede incrementar por un exceso de hierro. Puede confundirse fácilmente con la deficiencia por hierro.
- **Cu:** deficiente. La deficiencia de cobre puede provocar clorosis longitudinales – blanquecinas en hojas jóvenes, epinastias o hiponastias y malformaciones en los frutos.
- **Zn:** deficiente. La deficiencia de zinc puede provocar arrosamiento, ondulaciones, clorosis intervenal, apical y en bordes de hojas jóvenes, retardo en el crecimiento (tallos cortos y delgados), aborto floral y malformación y aborto de frutos. La deficiencia se puede incrementar por un exceso de fósforo en el suelo.

Sea establecido que los suelos ligeramente ácidos, como el encontrado en la finca Ave Maria, son derivados de la practica agrícola, siendo así, el elemento predominante de este

proceso, el hombre, quien en su accionar productivo no ha reparado los impactos y costos ecológicos sobre el recurso suelo, realizando una agricultura intensiva, muy extractiva y sin reposición de bases, unido a la utilización masiva de fertilizantes de reacción acida, agudizando y acelerando la manifestación de las consecuencias. El suelo de la finca Ave Maria, presenta deficiencia en cationes básicos (calcio, magnesio, potasio) limitando el crecimiento de las plantas debido a una combinación de factores y deficiencia de nutrientes.

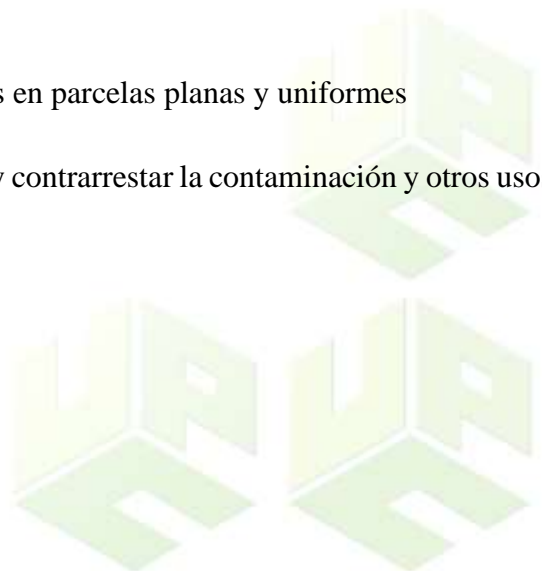
- Etapa 2: Desarrollar las alternativas de tratamiento del suelo por medio de la aplicación de las especies *Pteridium aquilinum* y *Crysopogon zizanioides* en el suelo objeto de estudio

Actividad 2.1. Realizar los parcelamientos

El proceso de propagación es una etapa muy importante para el buen establecimiento de *Pteridium aquilinum* y *Crysopogon zizanioides*, como ya conocemos algunas características de estas plantas esta actividad fue más comprensible y fácil de realizar.

La mejor forma de propagar la especie *Pteridium aquilinum* es por esquejes que nos asegurara tener una planta con las mismas características genéticas. Se define un esqueje como un material de propagación asexual compuesta de pedazos de tallos y hojas (20 cm. de alto) con una pequeña cantidad de raíces (no más de 5 cm.). Normalmente, la propagación es con dos propósitos:

- Tener plantas proveedoras de esquejes en parcelas planas y uniformes
- Para la conservación del suelo y agua y contrarrestar la contaminación y otros usos múltiples





Fotografía 4: Esqueje *Pteridium aquilinum*

Fuente: Autor, 2023.

La forma de propagar la *Crysopogon zizanioides* fue por división de matas, es decir se eligieron plantas madres de unos quince meses, separando de cada una un número variable de hijuelos recortados, de 15 – 20 cm. de largo. Dichos hijuelos, previo despunte de las raíces y de la parte aérea, se disponen en líneas separadas por una distancia de 1,00 m. dejando de 0,80 a 1,00 m. entre cada planta.



Fotografía 5: despunte de raíces *Crysopogon zizanioides*

Fuente: Autor, 2023.

Preparación de terreno

1. Se hace necesario aplicar suficiente materia orgánica y de calidad al suelo, ya que representa la base de la fertilidad de este.
2. Se recomienda el uso de enmiendas orgánicas, que son realizadas para incrementar los niveles de fertilidad del sustrato y mejorar las propiedades físicas. Se hace aplicando estiércol u otros abonos orgánicos resultante del compostaje que proporcionan mejores rendimientos.
3. Para establecer la plantación hay que crear buenas condiciones topográficas, de drenaje y calidad del sustrato.
4. La preparación mecánica del suelo implica el uso de maquinaria agrícola con el propósito fundamental de descompactar los suelos, lo que proporciona los efectos de reducción del volumen de escorrentía por efecto de la creación de caminos de drenaje, incremento de la velocidad de la infiltración y el aumento de la capacidad de almacenamiento de agua, por ende, de la profundidad potencial de enraizamiento debido a la reducción de la densidad del suelo.
5. Para la siembra del vetiver en condiciones topográficas inclinadas y con taludes que presentan ciertas irregularidades, se recomienda realizar curvas a nivel y con intervalos verticales.
6. Se debe asegurar que se ha retirado todo el material suelto y que la base del talud debe estar protegido de socavaciones.

Actividad 2.2. Aplicación de las especies

Aplicaciones del *Cryspogon zizanioides* y *Pteridium aquilinum*

El sistema vetiver tiene muchos beneficios para las tierras como la conservación del suelo y el agua, la mejora del uso del suelo, la recarga de agua subterránea, reciclaje de nutrientes del suelo, control de plagas, mantillo, forraje, limpieza de aguas residuales contaminadas agrícolas, protección de la infraestructura agrícola, entre otros.

Dentro del área de la finca Ave Maria, se sembraron las especies siguiendo los parámetros debidos a que las principales aplicaciones requieren un gran número de plantas, la calidad del material de siembra es importante para una exitosa aplicación del Sistema Vetiver.



Fotografía 6: siembra de *Crypsopogon zizanioides* en la finca Ave Maria

Fuente: Autor, 2023.

El vetiver tiene bondades enfocadas en la conservación, control de plagas, reducir pérdida en suelos, entre otras, es conocida como la planta milagrosa o mágica, por solucionar los problemas de erosión de suelos, la planta vetiver es un a gramínea perenne que crece en grandes macollos a partir de una masa radicular. Sus tallos erguidos en forma recta que alcanzan una altura de 0.5 a 1.5 metros. Las hojas son rígidas, largas y angostas que tienen hasta 75 cm de largo y no más de 8 mm de ancho. Esta planta tiene la capacidad de soportar sequías extremas debido a su alto contenido de sales de la savia de sus hojas, así como inundaciones por largos periodos,

Con este sistema se debe tener claro que se permite reducir la pérdida de suelo de las tierras agrícolas hasta en un 90%, así como una reducción de la escorrentía de las lluvias hasta en un 70%, lo que aumenta la lluvia disponible para los cultivos.

La shapumba (*Pteridium aquilinum*) es una planta que, se usa para la recuperación de suelos, que después de su siembra en el suelo se usa para la agricultura. Además, es una planta que se adapta fácilmente a diferentes suelos y con diferentes condiciones climáticas como es un helecho es fácil de degradar y aumentar materia orgánica al suelo.



Fotografía 7: Cultivo de *Pteridium aquilinum*

Fuente: Autor, 2023.

Por lo general, se encuentra en bosques (incluidas zonas boscosas algo secas), campos, pastos viejos, matorrales, áreas con suelos alterados, áreas quemadas y marismas. Las plantas establecidas toleran breves períodos de sequía, observándose diferencia estadísticamente significativa para Materia orgánica, esta planta mejora las propiedades químicas del suelo favoreciendo de manera positiva, ya que el helecho es un bioindicador para mejorar el control ambiental, además de acumular Cromo y Níquel en el rizoma y las frondas de esta especie. Es una especie utilizada para mejorar las características físicas y parámetros del suelo permitiendo que este sea utilizado para actividades agrícolas.

- Etapa 3: Valorar el comportamiento del suelo con la aplicación de las especies *pteridium aquilinum* y *crysopogon zizanioides* como alternativa para recuperar suelos contaminados por agroquímicos en la finca Ave María corregimiento de Atanquez-Cesar

Actividad 3.1. Caracterización suelo posterior a la aplicación de las alternativas con especies vegetales.

De las características del suelo de la finca Ave Maria, luego de aplicar las especies vegetales mejoraron prudentemente, el fósforo disponible y pH fueron las únicas que mostraron diferencias significativas. El contenido de carbono orgánico, materia orgánica y nitrógeno total fue semejante (Ver Anexo 2).

El manejo tradicional de las especies pteridium aquilinum y crysopogon zizanioides permitió acelerar la recuperación del suelo en la finca Ave Maria, al identificarse un aumento de 5% de la materia orgánica del suelo. Los datos obtenidos son muy alentadores y reafirman la posibilidad de que esta técnica permite la restauración del capital natural del suelo agrícola.

Tabla 9: Valores comparativos de estudio de suelo, finca Ave Maria

Parámetro	Unidad	Valor 1	Valor 2
Ph	-	6,28	5,97
MO	%	0,33	0,42
CO	%	0,19	0,21
N – total	%	0,02	0,08
N disponible	Mg*kg ⁻¹	3,71	3,96
P disponible	mg*kg ⁻¹	27,20	28,00
K – Potasio	cmol*kg ⁻¹	0,05	0,11
Ca	cmol*kg ⁻¹	6,17	6,22
Mg	cmol*kg ⁻¹	0,47	0,57
S	mg*kg ⁻¹	4,99	6,01
Fe	mg*kg ⁻¹	9,03	10,33
Mn	mg*kg ⁻¹	2,29	2,39
Cu	mg*kg ⁻¹	0,19	0,20
Zn	mg*kg ⁻¹	0,56	0,62

Fuente: Autor, 2023.

El uso de las especies pteridium aquilinum y crysopogon zizanioides con tecnología agroforestal es una opción viable para que los campesinos de la región rehabiliten terrenos que tradicionalmente se han considerado perdidos para la agricultura, con una planta que, además, tiene valor económico.

La recuperación de suelos degradados permitirá la creación de corredores biológicos para conectar áreas aisladas de vegetación madura, proporcionará fuentes de aprovechamiento forestal persistentes que eliminarán la necesidad de talar la selva, y les darán una oportunidad a las comunidades agrarias para hacer un uso más racional y prolongado de sus terrenos agrícolas y potreros.

Actividad 3.2. Establecer recomendaciones técnicas

Las técnicas de tratamiento identificadas para recuperar el suelo de la finca Ave Maria se determinan a partir del tipo de contaminación, la cual dependiendo de si es local o difusa, abre distintas oportunidades. En Colombia los desechos más comunes son los metales y plaguicidas. De esa forma la aplicación y desarrollo de la descontaminación debe aplicarse In situ (en el lugar). En el contexto se recomienda priorizar las técnicas biológicas de biorremediación y Fito recuperación porque permiten la degradación de los contaminantes sin alterar la composición del recurso, sino que en realidad emplean sus mismos componentes orgánicos para incentivar la descontaminación.

Asimismo, definir la pertinencia de los tratamientos In situ para hacer frente a la problemática, sin perder de vista la protección de la seguridad alimentaria, en los casos de las plantas agrícolas. En lo referente a los métodos de remediación se reconoce que estos también responden al tipo de contaminación causado por las industrias, así como al estado del suelo, de esa forma se recomienda primero conocer y profundizar sobre sus características para elegir la opción más apropiada, utilizando una metodología que se interese por la evolución de cada uno de los factores de riesgo involucrados.

En ese sentido, la biorremediación con Crysopogon zizanioides y Pteridium aquilinum permite identificar los factores de biodegradación del contaminante como la biodisponibilidad, el pH, la temperatura, la humedad y los nutrientes para conseguir un efecto duradero y beneficioso en el suelo.

Del mismo modo es recomendable complementar la técnica de la fitorremediación que usa las plantas a través de una serie de procesos claves para absorber los metales, uno de los elementos más nocivos generados por la actividad industrial.



8. CONCLUSION

A manera de compendio puede decirse que con esta investigación se describió el abordaje al suelo en la finca Ave Maria, del Municipio de Ataquez, Cesar. Esta descripción incluye las características generales del suelo, así como el detalle de la identificación de categorías y su dimensionamiento. También se realizó el análisis ambiental del abordaje al comparar los parámetros característicos del suelo al realizar la siembra de especies *Crysopogon zizanioides* y *Pteridium aquilinum* como restauradores. Finalmente se ofrecen explicaciones razonables del abordaje antes nombrado y se esbozan sus implicaciones en cuanto a su recuperación.

Debido a que la capacidad de resiliencia del suelo depende de características geomorfológicas y condiciones climáticas, no existe un patrón general para predecir esta propiedad edáfica en las regiones agrícolas (Beeby, 1995). Sin embargo, los suelos pueden ser agrupados de acuerdo a su grado de resiliencia. Consecuentemente, en la finca Ave Maria se ha propuesto la evaluación del mejoramiento del suelo tras la siembra de especies vegetales basada en escalas de parámetros que mejoran aproximadamente un 5% en los sitios agrícolas evaluados

La degradación del suelo en estudio se tiene diferentes factores, pero principalmente por el exceso de uso en la agricultura con fertilizantes sintéticos, empobreciendo el suelo y por ende ya no hay agricultura, por tanto, se convirtió en una zona que genera problemas a los agricultores.

A lo largo de la investigación y recopilación de datos puedo aseverar que estas distintas técnicas fitorremediadoras presentan una gran trascendencia a nivel de recuperación de suelo; el conocimiento de las tecnologías agroforestales en la recuperación de suelos degradados por cultivos de caña, estaría contribuyendo a la producción limpia de la agricultura y paralelamente a ello se estaría reforestando todas las zonas donde se practicó anteriormente cultivos que dejaron como consecuencia tierras degradadas, los sistemas agroforestales son alternativas válidas para el productor como herramienta indispensable para el mejoramiento de la producción, su economía familiar y su calidad de vida.

El *Crysopogon zizanioides* y *Pteridium aquilinum* lograron mejorar las condiciones iniciales del suelo, que presenta degradación por cultivos de caña en la finca Ave Maria, aunque

de forma sutil, las condiciones físicas y químicas del suelo tratado, contribuyendo con la mejora y mantenimiento de la estructura y modificando algunos parámetros fisicoquímicos que pueden contribuir en el aumento de la fertilidad del suelo.

En cuanto a la composición fisicoquímica del suelo en estudio, al implementar el sistema vetiver y helecho, se aumentó en proporción la materia orgánica que estaba presente en el suelo, así como la saturación de los elementos Fósforo, Calcio y Potasio que son absorbidos por la vegetación presente.

Los análisis de suelos con adición de especies vegetales *Crysopogon zizanioides* y *Pteridium aquilinum* mostraron un notable enriquecimiento de su calidad agronómica, pasando para la mayoría de parámetros medidos desde una calidad agronómica muy pobre en los suelos sin biosólido evaluados, a una relativamente mejor en los mismos suelos una vez fueron enmendados con la cobertura vegetal.

Las características químicas del suelo fueron determinadas al inicio de la etapa experimental (antes de la siembra de la cobertura vegetal) y al final de ésta, cuando se realizó la siembra de las especies vegetales, permitiendo determinar in situ parámetros del suelo, con el fin de monitorear cambios en las características físicas del sustrato. La implementación de estas especies garantizó el mantenimiento de una estructura suelta en el suelo a lo largo del experimento, sin que fuese posible observar una variación en este parámetro, pero si, modificando parámetros químicos en el suelo tales como el aumento de los niveles de saturación del Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca).

La aplicación de especies *Crysopogon zizanioides* y *Pteridium aquilinum*, han sido utilizado como una alternativa de bajo costo para la recuperación de los suelos agropecuarios degradados, además de favorecer su productividad, pues contienen nutrientes indispensables para las plantas como: nitrógeno, fósforo, potasio (NPK), micronutrientes, y un elevado contenido de materia orgánica, que puede ayudar a mejorar la estructura del suelo e incrementar la capacidad de retención de agua.

9. RECOMENDACIONES

Se debe avanzar en la elaboración del estudio económico que permita cuantificar los beneficios de implementar la restauración de suelos en la finca Ave Maria del Municipio de Atanquez, Cesar, con especies vegetales *Cryspogon zizanioides* y *Pteridium aquilinum*, teniendo en cuenta factores críticos tales como el transporte de la planta hasta el terreno a recuperar, por mencionar uno de los más importantes. Esto facilitaría la gestión y despertaría el interés de los propietarios de predios con necesidad de restaurar sus suelos.

Se recomienda que al aplicar el tratamiento con la siembra de especies vegetales *Cryspogon zizanioides* y *Pteridium aquilinum* se debe establecer condiciones iniciales a las cuales se va desarrollar el tratamiento ya que esto ayuda a mejorar los resultados en la aplicación de distintos tratamientos y que pruebe en tiempos más prolongados.

Al aplicar los tratamientos es recomendable la instalación de una manguera para el riego respectivo por aspersión ya que estas especies se caracteriza por ser una planta frágil y un riego inadecuado podría dañar las estructuras.

Las recomendaciones de fertilizantes consideran las rotaciones de cultivos, la textura del suelo, la variedad de plantas y los rendimientos óptimos cuando es apropiado.

Demostrado el impacto positivo del suelo tras la siembra de las especies vegetales sobre la calidad del suelo, los tiempos de recuperación, y la calidad de la vegetación desarrollada, se recomienda profundizar en los estudios tendientes a valorar con mayor precisión los impactos negativos sobre el recurso aguas superficiales y subterráneas.

Finalmente, para consolidar la información presentada se recomiendan además de *Cryspogon zizanioides* y *Pteridium aquilinum* algunas especies vegetales que son potencialmente útiles para desarrollar los procesos de biorremediación, entre esas: la heliconia, el cultivo del maíz y el tomate, la alfalfa, el peniseto y el girasol, los cuales pueden contribuir activamente a la solución paulatina del problema de la contaminación

REFERENCIAS

- Alcaldía Municipal de Valledupar. (2021). *Alcaldía de Valledupar*. Obtenido de Información del Municipio: <http://www.valledupar-cesar.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
- Agenda 21 Local en el Municipio de Carmona (Sevilla)*. Carmona (Sevilla).
- CAR. (2020). *Plan de Prevención, Manejo y Control del helecho marranero (Pteridium aquilinum (L.) Kuhn) para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca* CAR. Bogotá, D. C.
- Davila, N. (2018).
LIMA.
- Delgadillo, A. E., González, C. A., Prieto, F., Villagómez, J. R., & Acevedo, O. (2011). Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 597-162.
- Díaz Mendoza, C. (03 de diciembre de 2011). *ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN MEDIANTE EL USO DE COBERTURAS CONVENCIONALES, NO CONVENCIONALES Y REVEGETALIZACIÓN*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v31n3/v31n3a09.pdf>
- Encinas, M. D. (2011). *Medio Ambiente y contaminación Principios Basicos*.
- Gonzalez, J. (2010). *Fitorremediación: Una herramienta viable para la descontaminación de aguas y suelos*. Bogota D.C.: Universidad de los Andes.
- Guevara, G. P., & Castro, A. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 163-173.
- Huamani, F. (2014). *PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON PASTO VETIVER (Chrysopogon zizanioides, L.) EN EL CANAL DE IRRIGACIÓN - TINGO DE PONAZA*. Tingo María: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA.
- IDEAM. (2015). *Estudio Nacional de la Degradación de suelos por erosión en Colombia*. IDEAM.
- IGAC. (2008). *GUÍA DE MUESTREO DEL SUELO*. Bogota D.C.

IGAC. (11 de septiembre de 2015). *POR EL USO INADECUADO DE SUS SUELOS, EL TOLIMA ESTÁ QUE "ARDE"*. Obtenido de <http://noticias.igac.gov.co/por-el-usoinadecuado-de-sus-suelos-el-tolima-esta-que-arde/>

León, J. (2017). *Una Mirada a la Fitorremediación en Latinoamérica*. Zipaquira: Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO TERRITORIAL DEL 2032*. Bogotá.

Montero, T. (2017). *EL RECURSO HÍDRICO EN EL CORREGIMIENTO DE ATÁNQUEZ, RESGUARDO INDÍGENA KANKUAMO (VALLEDUPAR - CESAR – COLOMBIA), Y SU RELACIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE Y LA COMUNIDAD*. VALLEDUPAR: UNIVERSIDAD DE MANIZALES.

Alcaldía Municipal de Valledupar. (2021). *Alcaldía de Valledupar*. Obtenido de Información del Municipio: <http://www.valledupar-cesar.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>

Ayuntamiento de Carmona . (2012). *Memoria del Diagnostico Medio Ambiental de la Agenda 21 Local en el Municipio de Carmona (Sevilla)*. Carmona (Sevilla).

CAR. (2020). *Plan de Prevención, Manejo y Control del helecho marranero (Pteridium aquilinum (L.) Kuhn) para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR*. Bogotá, D. C.

Davila, N. (2018).

LIMA.

Delgadillo, A. E., González, C. A., Prieto, F., Villagómez, J. R., & Acevedo, O. (2011). Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 597-162.

Díaz Mendoza, C. (03 de diciembre de 2011). *ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN MEDIANTE EL USO DE COBERTURAS CONVENCIONALES, NO CONVENCIONALES Y REVEGETALIZACIÓN*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v31n3/v31n3a09.pdf>

Encinas, M. D. (2011). *Medio Ambiente y contaminación Principios Basicos*.

Gonzalez, J. (2010). *Fitorremediación: Una herramienta viable para la descontaminación de aguas y suelos*. Bogotá D.C.: Universidad de los Andes.

Guevara, G. P., & Castro, A. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 163-173.

Huamani, F. (2014). *PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON PASTO VETIVER (Chrysopogon zizanioides, L.) EN EL CANAL DE IRRIGACIÓN - TINGO DE PONAZA*. Tingo María: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA.

IDEAM. (2015). *Estudio Nacional de la Degradación de suelos por erosión en Colombia*. IDEAM.

IGAC. (2008). *GUÍA DE MUESTREO DEL SUELO*. Bogotá D.C.

IGAC. (11 de septiembre de 2015). *POR EL USO INADECUADO DE SUS SUELOS, EL TOLIMA ESTÁ QUE "ARDE"*. Obtenido de <http://noticias.igac.gov.co/por-el-usoinadecuado-de-sus-suelos-el-tolima-esta-que-arde/>

León, J. (2017). *Una Mirada a la Fitorremediación en Latinoamérica*. Zipaquirá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO TERRITORIAL DEL 2032*. Bogotá.

Montero, T. (2017). *EL RECURSO HÍDRICO EN EL CORREGIMIENTO DE ATÁNQUEZ, RESGUARDO INDÍGENA KANKUAMO (VALLEDUPAR - CESAR – COLOMBIA), Y SU RELACIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE Y LA COMUNIDAD*. VALLEDUPAR: UNIVERSIDAD DE MANIZALES.

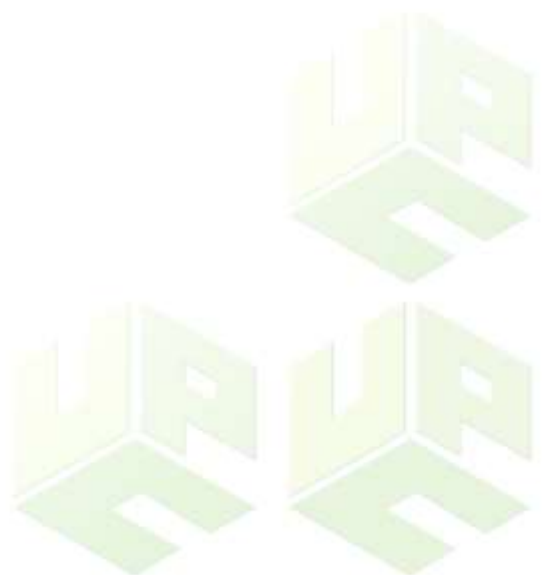
Muñoz, R. (2016). *Revisión panorámica del uso del pasto vetiver (Chrysopogon zizanioides) en restauración de taludes como técnica de bioingeniería del suelo*. BOGOTÁ D.C.: FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO.

Orihuela, J. A. (2007). *MANUAL SOBRE EL USO Y MANEJO DEL PASTO VETIVER (Chrysopogon zizanioides)*. Organización Panamericana de la Salud.

Rodríguez, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo: Una Realidad Oculta*. Roma: Universidad de Saskatchewan- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación.


Silva, S., & Correa, F. (2009). *Análisis de la Contaminación del suelo: Revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica*. Medellín: Universidad de Medellín.

Universidad Nacional de Colombia – Gobernación del Cesar. (2012). *PLAN ESTRATÉGICO REGIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN-PERCTI-DEPARTAMENTO DEL CESAR*. Valledupar: Universidad Nacional de Colombia-Gobernación del Cesar




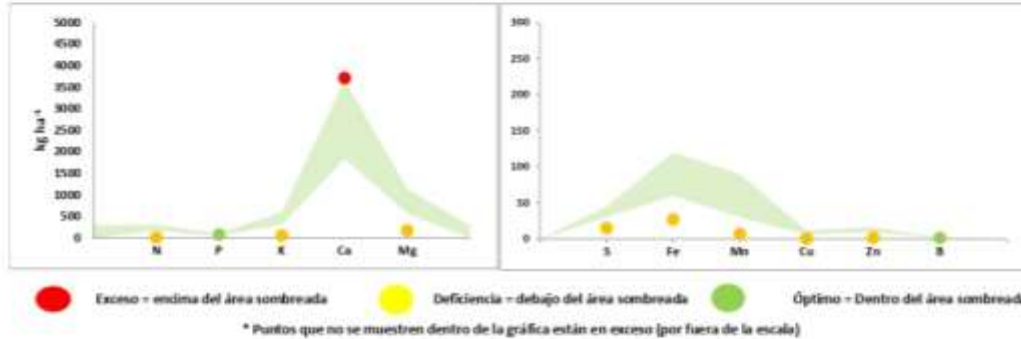
ANEXOS

- Anexo 1: estudio de suelo inicial

		INFORME ANÁLISIS DE SUELOS			Código: LBS-FT-007 Fecha: 2022-03-01 Versión: 04 Elaboró: Juan Manuel Ramírez-Líder Comercial Aprobó: Jose Vicente Machado Gerente Comercial Página: 1 de 4		
					Código Análisis 68967	Fecha de recepción: 15/11/2022	Fecha de emisión del análisis: 12/01/2023
INFORMACIÓN DEL CLIENTE							
Nombre:	GABRIEL ARREGOCES MONTERO	R.Tnte:	FEDERACION NACIONAL DE CACAOTEROS	Móvil:	3177402218	E-mail: aide.acevedo@fedecacao.com.co	
Dpto:	CESAR	M.Pio:	VALLEDUPAR	Vereda:	CRA 4G N 19E 28	Finca: LA AVE MARIA	
Lote:	1	Cultivo:	Cacao	Cultivar: *	CCN51, ICS39, ICS6	Edad: 192 Meses	
Clima:	Templado	Pendiente o inclinación:		Moderadamente inclinada	7-12 %		
RESULTADO ANÁLISIS DE SUELOS							
Propiedades físicas							
Textura	F-A		Franco arenosa		La textura franco arenosa se asocia con alta a moderada capacidad de retención de agua, moderada pérdida de nutrientes por lixiviación, moderada disponibilidad de nutrientes para las plantas y, en general, baja a moderada fertilidad del suelo.		
Arcilla							
Limo	%			Calificación			
Arena							
Da	g*cm ⁻³	1					
Dr	g*cm ⁻³						
Propiedades químicas							
Propiedad	Unidad	Resultado	Rango óptimo		Calificación	Interpretación	
			Min	Máx			
pH		6,28	5,10	6,40	Ligeramente ácido	Disminuye moderadamente la absorción de P y ligeramente la de K y S	
CE	ds*m ⁻¹						
CIC	cmol _c *kg ⁻¹						
CICE		6,76					
BT		6,76	6,01			Medio	Suelo con moderado contenido de bases intercambiables
Composición química							
MO	%	0,33	7,01		Deficiente	Deficiente contenido de materia orgánica. Se debe aplicar abundante abono orgánico bien compostado para incrementar porcentaje de materia orgánica	
CO		0,19	4,07		Deficiente		
N-Total		0,02	1,41		Deficiente	Deficiente contenido de nitrógeno total. Se debe aplicar abundante abono orgánico bien compostado para incrementar porcentaje de nitrógeno orgánico	
N-Disp	mg*kg ⁻¹	3,71	57,64	103,75	Deficiente	La deficiencia de nitrógeno generalmente produce en el cacao un retardo en el crecimiento de la planta, clorosis en follaje y puede favorecer el aborto de flores y frutos.	
P-Disp		27,20	17,53	35,06	Óptimo	Óptimo contenido de P mineral (disponible), solo aplicar P de mantenimiento	
K	cmol _c *kg ⁻¹	0,05	0,26	0,52	Deficiente	La deficiencia de potasio generalmente produce en el cacao clorosis apical y en el borde de las hojas (que puede convertirse en necrosis), aborto y alteraciones del color en frutos y exudación de sustancias azucaradas. La deficiencia puede incrementarse por altos niveles de calcio, magnesio o sodio.	
Ca		6,17	3,05	6,11	Exceso	El exceso de calcio puede generar en el cacao deficiencia de potasio, magnesio o boro.	
Mg		0,47	1,56	3,12	Deficiente	La deficiencia de magnesio puede provocar en el cacao clorosis intervenal y apical en hojas maduras, aborto de flores y frutos y retardo general del crecimiento. La deficiencia se puede incrementar por altos niveles de potasio, calcio y sodio.	
Na		0,07					
Al		-					

Código Análisis		Fecha de recepción:		Fecha de emisión del análisis:		Fecha de entrega al cliente:	
68967		15/11/2022		12/01/2023		12/01/2023	
Propiedad	Unidad	Resultado	Rango óptimo		Calificación	Interpretación	
			Min	Máx			
S	me ^{10g}	4,99	10,00	15,00	Deficiente	La deficiencia de azufre puede provocar en el cacao clorosis generalizada en el follaje. Los síntomas de esta deficiencia no son muy comunes en suelos colombianos.	
Fe		9,03	20,00	40,00	Deficiente	La deficiencia de hierro puede generar en el cacao clorosis intervenal en hojas jóvenes y coloraciones rojizas en hojas maduras. Esta deficiencia se puede incrementar por un exceso de zinc. Puede confundirse fácilmente con la deficiencia por manganeso.	
Mn		2,29	10,00	30,00	Deficiente	La deficiencia de manganeso puede generar en el cacao clorosis intervenal en hojas jóvenes y coloraciones rojizas en hojas maduras. Esta deficiencia se puede incrementar por un exceso de hierro. Puede confundirse fácilmente con la deficiencia por hierro.	
Cu		0,19	2,00	4,00	Deficiente	La deficiencia de cobre puede provocar en el cacao clorosis longitudinales blanquecinas en hojas jóvenes, epinastias o hiponastias y malformaciones en los frutos.	
Zn		0,56	3,00	5,40	Deficiente	La deficiencia de zinc puede provocar en el cacao anostamiento, ondulaciones, clorosis intervenal, apical y en bordes de hojas jóvenes, retardo en el crecimiento (tallos cortos y delgados), aborto floral y malformación y aborto de frutos. La deficiencia se puede incrementar por un exceso de fósforo en el suelo.	
B		0,42	0,30	0,60	Óptimo	Óptimo contenido de B, solo aplicar B de mantenimiento.	
Cd		0,50					
Saturación de bases							
Total						Se requiere conocer la CIC	
Al		-					
K		0,74	4,01	5,00	Deficiente	Suelo con deficiente contenido de potasio con respecto a la CCE	
Ca		91,29	60,01	70,00	Exceso	Suelo con exceso de calcio con respecto a la CCE	
Mg		6,95	15,01	20,00	Deficiente	Suelo con deficiente contenido de magnesio con respecto a la CCE	
Na		1,04		5,00	Ideal	Contenido ideal de sodio en el suelo	
Relaciones iónicas							
Ca/Mg		13,1	2,00	4,00	Deficiencia de Mg	Posible deficiencia de magnesio. Se recomienda aplicar fertilizantes magnésicos para equilibrar relaciones catiónicas.	
Mg/K		9,4	8,00	10,00	Relación óptima	Óptima relación entre el magnesio y el potasio	
Ca/K		123,4	15,00	30,00	Deficiencia de K	Posible deficiencia de potasio. Se recomienda aplicar fertilizantes potásicos para equilibrar relaciones catiónicas.	
Ca+Mg/K		132,8	20,00	40,00	Deficiencia de K	Posible deficiencia de potasio. Se recomienda aplicar fertilizantes potásicos para equilibrar relaciones catiónicas.	
Ca/B		2.944,0	1.000,00	2.000,00	Deficiencia de B	Posible deficiencia de boro. Se recomienda aplicar fuentes fertilizantes ricas en boro para equilibrar relaciones iónicas.	
P/Zn		48,6	8,00	12,00	Deficiencia de Zn	Posible deficiencia de zinc. Se recomienda aplicar fuentes fertilizantes ricas en zinc para equilibrar relaciones catiónicas.	
Fe/Zn		16,1	3,43	8,00	Deficiencia de Zn	Posible deficiencia de zinc. Se recomienda aplicar fuentes fertilizantes ricas en zinc para equilibrar relaciones catiónicas.	
Fe/Mn		3,9	5,00	10,00	Deficiencia de Fe	Posible exceso de manganeso.	

	FORMATO INFORME ANÁLISIS DE SUELOS			Código: LB5-FT-007 Fecha: 2022-03-01 Versión: 04 Elaboró: Juan Manuel Ramirez-Uder Comercial Aprobó: Jose Vicente Machado Gerente Comercial Página: 3 de 4
	Código Análisis	Fecha de recepción:	Fecha de emisión del análisis:	Fecha de entrega al cliente:
68967	15/11/2022	12/01/2023	12/01/2023	
Interpretación visual de niveles nutricionales				



Métodos Analíticos	
Aluminio intercambiable * Expresado en términos de ácidos (AI)	Valoración ácido base, Método de Yang (VY)
Azufre (S)	Turbidimétrica, extracción fosfato monobásico de calcio 0,008M
Boro (B)	Colorimétrica (Azometina H), extracción fosfato monobásico de calcio 0,008M
Bases de cambio (N ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ y Na ⁺)	Absorción Atómica, Extracción con acetato de amonio
Cadmio (Cd)	Digestión ácida/ Cuantificación por Espectrofotometría AA
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	No determinado
Conductividad Eléctrica (CE)	No determinado
Fósforo disponible (P-Disp)	Colorimétrica, Bray II
Micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn)	Absorción Atómica, Extracción con DTPA
Materia Orgánica (MO)	Walkley Black
pH	Potenciométrico, relación suelo:agua 1:1
Textura	Al tacto (Organoléptico)
Densidad aparente (Da)	Tierra refinada
Densidad real (Dr)	Cálculo matemático
Nitrógeno total (N-Total) y disponible (N-Disp), carbono orgánico (CO), bases totales, saturación de bases y relaciones iónicas.	Cálculo matemático

Observaciones

Convenciones: R, Tnte = Representante; Depto = Departamento; M, Pto = Municipio

* Cultivar hace referencia a variedad, híbrido o ecotipo.

Apreciado cliente, tenga en cuenta que:

A partir de la fecha de entrega real de los resultados cuenta con sesenta (60) días para hacer alguna observación al respecto, si durante este tiempo no se recibe ninguna información de su parte; AGROSUIL LAB asume la conformidad de los resultados del análisis.

La información suministrada en este informe se relaciona únicamente con la muestra de suelo entregada por el cliente, en las condiciones como fue recibida.

Se asume que el cliente realizó correctamente la recolección de la muestra de suelo. Cualquier error de muestreo en campo se reflejará en los resultados analíticos.


Está prohibida la reproducción parcial de este informe sin previa autorización de AGROSUIL LAB.

Aura Marcela Niño R.

Aura Marcela Niño R
Responsable Del Análisis Químico
QUÍMICA PQ 2088
DIRECTOR TÉCNICO LABORATORIO

Aimeth Bustillo

Aimeth Bustillo
Responsable De La Interpretación Agronómica
INGENIERO AGRÓNOMO
EJECUTIVO DE SERVICIOS AGRONÓMICOS

	FORMATO INFORME ANÁLISIS DE SUELOS		Código: IBS-PT-007 Fecha: 2022-03-01 Versión: 04 Elaboró: Juan Manuel Ramirez-Lider Comercial Aprobó: Jose Vicente Machado Gerente Comercial Página: 4 de 4
	Código Análisis 68967	Fecha de recepción: 15/11/2022	Fecha de emisión del análisis: 12/01/2023

Cultivo: Cacao	Cultivar: CONS1, IC335, IC36	Edad: 192	Meses
-----------------------	-------------------------------------	------------------	--------------

Fertilizantes			Etapa Fenológica o Cultural*				
			Vegetativa	Cuajado de frutos	Cosecha	Vegetativa	Cuajado de frutos
Categoría	Opción de Fertilizante	Unidad	Año17	Año17	Año17	Año17	Año18
			Mes194	Mes197	Mes200	Mes203	Mes206
Enmiendas **	Compost de gallinaza	g/planta	1.300				
Mayores (N, P, K)	13-26-6		110	110	110	110	110
	14-3-43-		90	90	90	90	90
Secundarios (Ca, Mg)							
Menores (Fe, Mn, Cu, Zn y B)	Menores completo (1)		5,0	5,0	5,0	6,4	5,0
Fertilización Foliar	Como complemento de la fertilización edáfica, se recomienda aplicar mensualmente 3 cc/L de Fertilizante Foliar Completo (20-10-5) mas Menores. Durante la etapa de formación y llenado de frutos aplicar mensualmente quelato de Calcio-Boro (2,5 cc/L) o fosfito de potasio (2 cc/L). En caso de estrés abiótico aplicar Bioestimulante con Aminoácidos (3 cc/L).						


Observaciones
<p>* Las etapas fenológicas pueden no corresponder con el tiempo estimado (mes y/o año), ya que están en función del cultivar, el manejo cultural y las condiciones agroecológicas donde se encuentre el cultivo. Consulte con su Ingeniero Agrónomo de confianza.</p> <p>** Los materiales orgánicos tipo compost, deben estar BIEN COMPOSTADOS. Es recomendable que las enmiendas se apliquen al menos 30 días antes de la aplicación de los demás fertilizantes. En pre-siembra se pueden aplicar con la preparación del suelo. Para plantas ya establecidas se deben aplicar en corona, siempre teniendo precaución de no dañar las raíces. Consulte con su Ingeniero Agrónomo de confianza.</p> <p>*** Es importante mencionar que las recomendaciones de productos o formulas emitidas, son producto del resultado químico otorgado por el proceso del laboratorio. Estas indicaciones son solo RECOMENDACIONES y el cliente no esta obligado a cumplir a cabalidad con el plan, por ende tampoco nos comprometemos con el éxito de las aplicación y a la mejora o efectos en el cultivo.</p> <p>Para pasar de g/planta a kg/ha multiplicar el valor por 1.1111111111111111</p>





Aimeth Bustillo

Responsable De La Interpretación Agronómica
INGENIERO AGRÓNOMO
EJECUTIVO DE SERVICIOS AGRONOMICOS

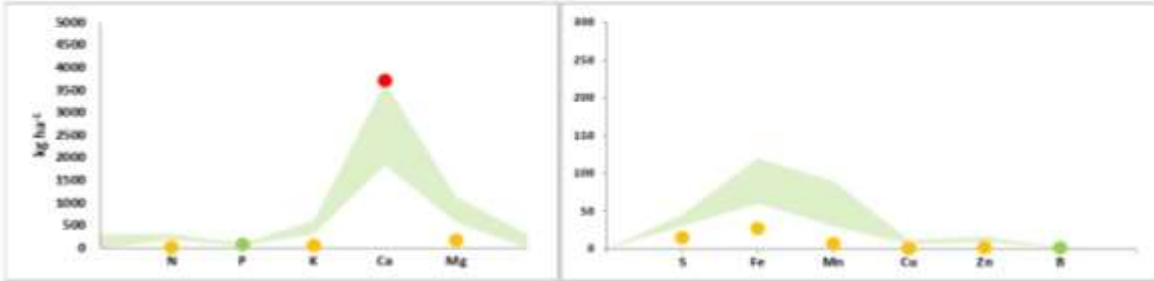
- Anexo 2: Análisis de suelo después de aplicación de especies vegetales

		INFORME ANÁLISIS DE SUELOS		Código: LBS-FT-007 Fecha: 2023-02-16 Versión: 04 Elaboró: Juan Manuel Ramírez-Lider Comercial Aprobó: Jose Vicente Machado Gerente Comercial Página: 1 de 4	
Código Análisis 77897		Fecha de recepción: 28/06/2023		Fecha de emisión del análisis: 30/07/2023	
INFORMACIÓN DEL CLIENTE					
Nombre: GABRIEL ARREGOCES MONTERO		FEDERACION NACIONAL DE R.Trte: CACAOTEROS		Móvil: 3177402218	
Dpto: CESAR		M.Pio: VALLEDUPAR		Vereda: CRA 45 N 19E 28	
Lote: 1		Cultivo: Cacao		Cultivar: CCNS1, IC309, IC18	
Clima: Templado		Pendiente o inclinación: Moderadamente inclinada		Finca: LA AVE MARIA	
				Edad: 192 Meses	
RESULTADO ANÁLISIS DE SUELOS					
Propiedades físicas					
Textura		F-A		Franco arenosa	
Arcilla		%		Calificación	
Limo				La textura franco arenosa se asocia con alta a moderada capacidad de retención de agua, moderada pérdida de nutrientes por lixiviación, moderada disponibilidad de nutrientes para las plantas y, en general, baja a moderada fertilidad del suelo.	
Arena					
Da		g*cm ⁻³		1	
Dr		g*cm ⁻³			
Propiedades químicas					
Propiedad		Unidad		Rango óptimo	
		Resultado		Min	
				Máx	
				Calificación	
				Interpretación	
pH		5,97		5,30 6,40	
CE		ds*cm ⁻¹			
CIC		cmol _c *kg ⁻¹			
CCE		6,28			
BT		6,28		6,01 Medio	
				Suelo con moderado contenido de bases intercambiables	
Composición química					
MO		0,42		7,01	
CO		0,21		4,07	
N-Total		0,08		1,41	
N-Disp		3,96		57,64 103,75	
P-Disp		28,00		17,53 35,06	
K		0,11		0,26 0,52	
Ca		6,22		3,05 6,11	
Mg		0,57		1,56 3,12	
Na		0,07			
Al		-			
				Deficiente	
				Deficiente	
				Deficiente	
				Deficiente	
				Óptimo	
				Deficiente	
				Exceso	
				Deficiente	

 FORMATO INFORME ANÁLISIS DE SUELOS						Código: LBS-PT-007 Fecha: 2023-02-18 Versión: 04 Elaboró: Juan Manuel Ramirez-Lider Comercial Aprobó: Jose Vicente Machado Gerente Comercial Página: 2 de 4	
Código Análisis			Fecha de recepción:		Fecha de emisión del análisis:		Fecha de entrega al cliente:
77897			28/06/2023		10/07/2023		10/07/2023
Propiedad	Unidad	Resultado	Rango óptimo		Calificación	Interpretación	
			Mín	Máx			
S	mg kg ⁻¹	6,01	10,00	15,00	Deficiente	La deficiencia de azufre puede provocar en el cacao clorosis generalizada en el follaje. Los síntomas de esta deficiencia no son muy comunes en suelos colombianos.	
Fe		10,33	20,00	40,00	Deficiente	La deficiencia de hierro puede generar en el cacao clorosis intervenal en hojas jóvenes y coloraciones rojas en hojas maduras. Esta deficiencia se puede incrementar por un exceso de zinc. Puede confundirse fácilmente con la deficiencia por manganeso.	
Mn		2,39	10,00	30,00	Deficiente	La deficiencia de manganeso puede generar en el cacao clorosis intervenal en hojas jóvenes y coloraciones rojas en hojas maduras. Esta deficiencia se puede incrementar por un exceso de hierro. Puede confundirse fácilmente con la deficiencia por hierro.	
Cu		0,20	2,00	4,00	Deficiente	La deficiencia de cobre puede provocar en el cacao dorado longitudinales-blanquecines en hojas jóvenes, epinastias o hiponastias y malformaciones en los frutos.	
Zn		0,62	3,00	5,40	Deficiente	La deficiencia de zinc puede provocar en el cacao arremetimiento, ondulaciones, clorosis intervenal, apical y en bordes de hojas jóvenes, retardo en el crecimiento (tallos cortos y delgados), aborto floral y malformación y aborto de frutos. La deficiencia se puede incrementar por un exceso de fósforo en el suelo.	
B		0,54	0,30	0,60	Óptimo	Óptimo contenido de B, solo aplicar B de mantenimiento.	
Cd		0,50					
Saturación de bases							
Total						Se requiere conocer la CIC	
Al		-		-	-	-	
K		1,08	4,01	5,00	Deficiente	Suelo con deficiente contenido de potasio con respecto a la CICE	
Ca		80,76	60,01	70,00	Exceso	Suelo con exceso de calcio con respecto a la CICE	
Mg		7,05	15,01	20,00	Deficiente	Suelo con deficiente contenido de magnesio con respecto a la CICE	
Na		1,09		5,00	Ideal	Contenido ideal de sodio en el suelo	
Relaciones iónicas							
Ca/Mg		13,15	2,00	4,00	Deficiencia de Mg	Posible deficiencia de magnesio. Se recomienda aplicar fertilizantes magnésicos para equilibrar relaciones catiónicas.	
Mg/K		9,50	8,00	10,00	Relación óptima	Óptima relación entre el magnesio y el potasio.	
Ca/K		123,5	15,00	30,00	Deficiencia de K	Posible deficiencia de potasio. Se recomienda aplicar fertilizantes potásicos para equilibrar relaciones catiónicas.	
Ca+Mg/K		123,9	20,00	40,00	Deficiencia de K	Posible deficiencia de potasio. Se recomienda aplicar fertilizantes potásicos para equilibrar relaciones catiónicas.	
Ca/B		2.944,1	1.000,00	2.000,00	Deficiencia de B	Posible deficiencia de boro. Se recomienda aplicar fuentes fertilizantes ricas en boro para equilibrar relaciones iónicas.	
P/Zn		48,65	8,00	12,00	Deficiencia de Zn	Posible deficiencia de zinc. Se recomienda aplicar fuentes fertilizantes ricas en zinc para equilibrar relaciones catiónicas.	
Fe/Zn		16,02	3,43	8,00	Deficiencia de Zn	Posible deficiencia de zinc. Se recomienda aplicar fuentes fertilizantes ricas en zinc para equilibrar relaciones catiónicas.	
Fe/Mn		3,81	5,00	10,00	Deficiencia de Fe	Posible exceso de manganeso.	

	FORMATO INFORME ANÁLISIS DE SUELOS		Código: LBS-FT-007 Fecha: 2023-02-16 Versión: 04 Elaboró: Juan Manuel Ramirez-Lider Comercial Aprobó: Jose Vicente Machado Gerente Comercial Página :3 de 4
	Código Análisis	Fecha de recepción:	Fecha de emisión del análisis:
77897	28/06/2023	10/07/2023	10/07/2023

Interpretación visual de niveles nutricionales



● Exceso = encima del área sombreada ● Deficiencia = debajo del área sombreada ● Óptimo = Dentro del área sombreada

* Puntos que no se muestran dentro de la gráfica están en exceso (por fuera de la escala)

Métodos Analíticos	
Aluminio Intercambiable * Expresado en términos de acidez (Al)	Valoración ácido base, Método de Yuang (IC)
Azufre (S)	Turbidimétrica, extracción fosfato monobásico de calcio 0,008M
Boro (B)	Colorimétrico (Azometina H), extracción fosfato monobásico de calcio 0,008M
Índice de cambio (K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ y Na ⁺)	Absorción Atómica, Extracción con acetato de amonio
Cadmio (Cd)	Digestión ácida/ Cuantificación por Espectrofotometría AA
Capacidad de Intercambio catiónico (CIC)	No determinado
Conductividad Eléctrica (CE)	No determinado
Fósforo disponible (P-Disp)	Colorimétrico, Bray II
Micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn)	Absorción Atómica, Extracción con DTPA
Materia Orgánica (MO)	Walkley Black
pH	Potenciométrico, relación suelo-agua 1:1
Textura	Al tacto (Organoléptico)
Densidad aparente (Da)	Términ parafraseado
Densidad real (Dr)	Cálculo matemático
Nitrógeno total (N-Total) y disponible (N-Disp), carbono orgánico (CO), bases totales, saturación de bases y relaciones iónicas.	Cálculo matemático

Observaciones

Convenciones: R, T, M = Representante; Depto = Departamento; M, P, M = Municipio

* Cultivar hace referencia a variedad, híbrido o ecotipo.

Apreciado cliente, tenga en cuenta que:

A partir de la fecha de entrega real de los resultados cuenta con sesenta (60) días para hacer alguna observación al respecto, si durante este tiempo no se recibe ninguna información de su parte; AGROSOIL LAB asume la conformidad de los resultados del análisis.

La información suministrada en este informe se relaciona únicamente con la muestra de suelo entregada por el cliente, en las condiciones como fue recibida.

Se asume que el cliente realizó correctamente la recolección de la muestra de suelo. Cualquier error de muestreo en campo se reflejará en los resultados analíticos.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe sin previa autorización de AGROSOIL LAB.

Aura Marcela Niño R.


Aura Marcela Niño R

Responsable Del Análisis Químico
QUÍMICA PQ 2088
DIRECTOR TÉCNICO LABORATORIO

Aimeth Bustillo

Aimeth Bustillo

Responsable De La Interpretación Agronómica
INGENIERO AGRÓNOMO
EJECUTIVO DE SERVICIOS AGRONÓMICOS

	FORMATO INFORME ANÁLISIS DE SUELOS		Código: LB5-FT-007 Fecha: 2023-02-16 Versión: 04 Elaboró: Juan Manuel Ramirez-Lider Comercial Aprobó: Jose Vicente Machado Gerente Comercial Página: 4 de 4
	Código Análisis	Fecha de recepción:	Fecha de emisión del análisis:
77897	28/06/2023	10/07/2023	10/07/2023

Cultivo:	Cacao	Cultivar:	CCNS1, IC339, IC36	Edad:	192	Meses
-----------------	--------------	------------------	--------------------	--------------	-----	--------------

Fertilizantes			Etapas Fenológica o Cultural*				
			Vegetativa	Cuajado de frutos	Cosecha	Vegetativa	Cuajado de frutos
Categoría	Opción de Fertilizante	Unidad	Año17	Año17	Año17	Año17	Año18
			Mes194	Mes197	Mes200	Mes203	Mes206
Enmiendas **	Compost de gallinaza	g/planta	1.300				
Mayores (N, P, K)	13-26-6		110	110	110	110	110
	14-3-43-		90	90	90	90	90
Secundarios (Ca, Mg)							
Menores (Fe, Mn, Cu, Zn y B)	Menores completo (1)		5,0	5,0	5,0	6,4	5,0
Fertilización Foliar	Como complemento de la fertilización edáfica, se recomienda aplicar mensualmente 3 cc/L de Fertilizante Foliar Completo (20-10-5) mas Menores. Durante la etapa de formación y llenado de frutos aplicar mensualmente quelato de Calcio-Boro (2,5 cc/L) o fosfito de potasio (2 cc/L). En caso de estrés abiótico aplicar Bioestimulante con Aminoácidos (3 cc/L).						

Observaciones
* Las etapas fenológicas pueden no corresponder con el tiempo estimado (mes y/o año), ya que están en función del cultivar, el manejo cultural y las condiciones agroecológicas donde se encuentre el cultivo. Consulte con su Ingeniero Agrónomo de confianza.
** Los materiales orgánicos tipo compost, deben estar BIEN COMPOSTADOS . Es recomendable que las enmiendas se apliquen al menos 30 días antes de la aplicación de los demás fertilizantes. En pre-siembra se pueden aplicar con la preparación del suelo. Para plantas ya establecidas se deben aplicar en corona, siempre teniendo precaución de no dañar las raíces. Consulte con su Ingeniero Agrónomo de confianza.
*** Es importante mencionar que las recomendaciones de productos o formulas emitidas, son producto del resultado químico otorgado por el proceso del laboratorio. Estas indicaciones son solo RECOMENDACIONES y el cliente no esta obligado a cumplir a cabalidad con el plan, por ende tampoco nos comprometemos con el éxito de las aplicación y a la mejora o efectos en el cultivo.
Para pasar de g/planta a kg/ha multiplicar el valor por 1,11111111111111



Aimeth Bustillo

Responsable De La Interpretación Agronómica
INGENIERO AGRÓNOMO
EJECUTIVO DE SERVICIOS AGRONOMICOS