

**RECUPERACIÓN DE P, Ca Y K EN SUELOS AFECTADOS POR INCENDIOS
FORESTALES A TRAVÉS DE LA INCORPORACIÓN DE MATERIAL
ORGÁNICO (CEREZA DE CAFÉ), EN LA FINCA MONTE RUBIO DE ASTREA
CESAR.**



AUTORES:

**GUSTAVO ANDRES AGUILAR BARAHONA
WILLIAM FARID ZAMBRANO GUILLEN**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR
2019**



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

**RECUPERACIÓN DE P, CA Y K EN SUELOS AFECTADOS POR INCENDIOS
FORESTALES A TRAVÉS DE LA INCORPORACIÓN DE MATERIAL
ORGÁNICO (CEREZA DE CAFÉ), EN LA FINCA MONTE RUBIO DE ASTREA
CESAR.**



AUTORES:

**GUSTAVO ANDRES AGUILAR BARAHONA
WILLIAM FARID ZAMBRANO GUILLEN**

DIRECTOR:

ORLANDO RUBIANO LARA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero
Ambiental y Sanitario**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2019



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

Nota de Aceptación

Firma del Director de proyecto

Firma Jurado

Firma Jurado



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

SPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1. RECUPERACION DE P, Ca y K EN SUELOS AFECTADOS POR INCENDIOS FORESTALES A TRAVES DE LA INCORPORACION DE MATERIAL ORGANICO (CEREZA DE CAFÉ), EN LA FINCA MONTE RUBIO DE ASTREA CESAR.

2. DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADO: Ing. ORLANDO RUBIANO LARA
ESTUDIOS SUPERIORES: Ingeniero agronomo

FIRMA:

3. AUTORES DEL PROYECTO

NOMBRES	CODIGO	DEPARTAMENTO
GUSTAVO A. AGUILAR BARAHONA	1064795741	Ing. Ambiental y Sanitaria

FIRMA:

WILLAIM F. ZAMBRANO GUILLEN	1064719811	Ing. Ambiental y Sanitaria
-----------------------------	------------	----------------------------

FIRMA:

4. ENTIDADES INTERESADAS Y/O BENEFICIARIOS DEL PROYECTO:

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia quiero agradecer a Dios, por darnos la dirección y ser la luz en este camino de aprendizaje, proporcionándonos la sabiduría e inteligencia necesaria para culminar este proceso; usando como canal al Ingeniero Orlando Rubiano Lara a quien también quiero expresarle mi gratitud, por su entrega y ser parte del desarrollo de este trabajo, dejando una huella de crecimiento personal en nuestras vidas.

Gracias a mi amigo, compañero de proyecto y estudio Gustavo Aguilar, por su compromiso en las diferentes etapas de aprendizaje no solo por esta experiencia de construcción sino por su amista. Agradecerle a la Universidad Popular del Cesar por entregarnos 5 años de esfuerzo, crecimiento académico y a todo el cuerpo de Docentes que hicieron parte de proceso como estudiantes.

Finalmente, a los que hicieron parte importan de mi carrera dando su voz de aliento en cada momento, enseñándome a valorar lo que tengo y a luchar cada día, a mis padres Juana Guillen y William Enrique Zambrano; a mis hermanos y a Déniz Paolina, gracias a todos por estar en este proceso.

William Farid Zambrano Guillen



CO-SC-CER518726



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por bendecirme con entendimiento, sabiduría, paciencia y fortaleza, guiándome siempre con su espíritu santo para culminar con éxito mis metas propuestas. A mis padres Margarita María Barahona Rodríguez y Jaime Aguilar García, por su apoyo incondicional y por ser mis pilares fundamentales en este proceso.

De manera muy especial quiero darle las gracias al padre Emil Espinosa Ospino, por creer en mí y por ser un gran promotor en mi formación académica, brindándome todo su apoyo para que este anhelo se hiciera realidad.

También expresar mi gratitud a todos mis familiares y amigos que hicieron parte de este proyecto de vida.

Darle las gracias al cuerpo de docentes del programa ingeniería ambiental y sanitaria que hicieron parte de este proceso, brindando sus conocimientos para mi formación como persona y profesional en la universidad popular del cesar.

Gustavo Andres Aguilar Barahona



CO-SC-CER518726



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. PLANTEAMIENTO	2
2. JUSTIFICACIÓN.....	4
3. OBJETIVOS.....	6
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
4. MARCO REFERENCIAL	7
4.1 ANTECEDENTES.....	7
4.2. MARCO TEÓRICO.....	11
4.3 MARCO CONCEPTUAL.....	27
4.4. MARCO CONTEXTUAL.....	29
4.5. MARCO LEGAL.....	30
5. MARCO METODOLOGÍCO	34
5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	34
5.1.1. DESCRIPTIVA.....	34
5.1.2. EXPLORATORIA.....	34
5.1.3. LINEA DE INVESTGACION	35
5.1.4. SUB LINEA DE INVESTIGACION	35
5.2. POBLACIÓN.....	35
5.3. MUESTRA.....	36
5.4. FASES METODOLÓGICAS.....	36
6. RESULTADOS Y ANALISIS.....	41
6.1 TOMA DE MUESTRA DEL SUELO.....	41



CO-SC-CER518726



6.2	. ANALISIS FISICO DEL SUELO	42
6.3	. ANALISIS QUIMICO DEL SUELO	43
6.4	. ANALISIS P, Ca y K DEL SUELO NATURAL Y QUEMADO	59
6.5	. REALIZACION DE LA QUEMA CONTROLADA EN EL SUELO.....	60
6.5.1.	AFECTACIÓN DE LA CAPA VEGETAL POR ACCION DE LA QUEMA 61	
6.5.2.	TEMPERATURA REGISTRADA EN LA QUEMA	62
6.6.	ELABORACIÓN DEL COMPOST	63
6.6.1.	HERRAMIENTAS UTILIZADAS.....	63
6.6.2.	CAPAS DE MATERIA ORGANICO EN LA COMPOSTERA	64
6.6.3.	ETAPAS DEL COMPOSTAJE.....	64
6.7.	ANÁLISIS FINAL DEL PROCESO DE COMPOSTAJE.....	68
6.7.1.	RESULTADOS FISICOQUÍMICOS	68
6.8.	APLICACIÓN DEL COMPOST EN LAS PARCELA.....	71
6.9.	ANÁLISIS FINAL DEL SUELO CON LA APLICACIÓN DEL COMPOST... 72	
6.9.1.	COMPARACIÓN DE SUELOS.....	73
6.10.	SIEMBRA DE AJI PIMENTON EN EL SUELO RECUPERADO	74
6.10.1.	SIEMBRA DE AJI PIMENTON.....	75
7.	CONCLUSIÓN.....	78
8.	RECOMENDACIONES	80
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de pH-----	21
Tabla 2. Normatividad referente al componente suelo. -----	31
Tabla 3. Normatividad referente a la Reforestación e Incendios Forestales -----	31
Tabla 4. Normatividad referente a los Recursos Naturales.-----	33
Tabla 5. Comparación de P, Ca y K-----	59
Tabla 6. Cantidad de materia orgánica utilizada -----	63
Tabla 7. Resultado de análisis del compost-----	69
Tabla 8. Comparación de los parámetros del compost vs parámetros sugeridos por la norma técnica colombiana NTC 5167.-----	70
Tabla 9. Análisis final del suelo. -----	72
Tabla 10. Comparación del estado del suelo.-----	73
Tabla 11: Producción ají pimentón por parcela-----	77

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Ubicación geográfica del Área de estudio-----	30
Imagen 2: Toma de muestra -----	42
Imagen 3: Toma de muestra -----	42
Imagen 5: Quema controlada -----	61
Imagen 4: Quema controlada -----	61
Imagen 6: Después de la quema-----	62
Imagen 7: Antes de la quema-----	62
Imagen 8: Condiciones de humedad-----	66
Imagen 9: Diferentes etapas del proceso y las variaciones típicas de la temperatura durante la transformación y estabilización de la materia orgánica biodegradable en condiciones aeróbicas, en función del tiempo. -----	68
Imagen 10: Siembra a la concentración de 4.2Kg-----	75
Imagen 11: Siembra a la concentración de 3.6Kg-----	75
Imagen 12: Siembra a la concentración de 4.8Kg-----	76
Imagen 13: Suelo quemado sin tratamiento -----	76

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1: Esquema de las dimensiones del terreno.....	71
--	----



CO-SC-CER518726



ÍNDICE DE GRAFICAS

GRAFICA 1: RESULTADO ANÁLISIS DE pH -----	43
GRAFICA 2: RESULTADO ANÁLISIS DE CIC (meq/100g) -----	45
GRAFICA 3: RESULTADO ANALISIS DE M.O (%)-----	46
GRAFICA 4: RESULTADO DE ANÁLISIS C. Org (%) -----	47
GRAFICA 5: RESULTADO ANÁLISIS DE N (%) -----	48
GRAFICA 6: RESULTADO ANÁLISIS DE K (meq/100g)-----	49
GRAFICA 7: RESULTADO ANÁLISIS DE Ca (meq/100g)-----	50
GRAFICA 8: RESULTADO ANÁLISIS DE Mg (meq/100g) -----	51
GRAFICA 9: RESULTADO ANÁLISIS DE P (ppm) -----	52
GRAFICA 10: RESULTADO ANÁLISIS DE Mn (ppm) -----	54
GRAFICA 11: RESULTADO ANÁLISIS DE Cu (ppm)-----	55
GRAFICA 12: RESULTADO ANÁLISIS DE B (ppm) -----	56
GRAFICA 13: RESULTADO ANÁLISIS DE Fe-----	57
GRAFICA 14: RESULTADO ANÁLISIS DE Zn (ppm) -----	58



CO-SC-CER518726



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Pesos de la materia prima utilizada. -----	82
Anexo B: Trituración y apilamiento del compost. -----	82
Anexo C: Montaje final del compost. -----	82
Anexo D: Volteo y traslado del compost a la compostera. -----	82
Anexo E: Compost al final de su proceso y toma de muestra para análisis. -----	82
Anexo F: Toma de muestras al suelo en su estado natural. -----	82
Anexo G: Quema controlada del área delimitada y toma de muestra. -----	82
Anexo H: Aplicando compost en el suelo afectado por la quema. -----	82
Anexo I: Crecimiento de ají pimentón en sus diferentes concentraciones. -----	82
Anexo J: Producción de ají pimentón. -----	82
Anexo K: Características de peso y tamaño del ají pimentón. -----	82
Anexo L: Monitoreo del compost. -----	82
Anexo M: Resultado de análisis del compost. -----	82
Anexo N: Resultado de análisis del suelo en su estado natural. -----	82
Anexo O: Resultado de análisis del suelo afectado por la quema. -----	82
Anexo P: Resultado de análisis del suelo recuperado. -----	82



CO-SC-CER518726



RESUMEN

En este proyecto se darán a conocer los efectos que causan los incendios forestales superficiales al suelo, dependiendo de la cantidad de calor y el tiempo de exposición del suelo al fuego así va hacer su grado de afectaciones, por lo que se espera determinar las alteraciones en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, dando mayor énfasis a los nutrientes químicos como son el P, Ca y K, los cuales se pretende recuperar mediante la incorporación de materia orgánica a base de cereza de café por su alto contenido de nutrientes en espacial el P, Ca y K y así poder lograr una rehabilitación en estos nutrientes y en otras propiedades del suelo por el efecto nutritivo que tiene la materia orgánica a nivel general al ser incorporada al recurso suelo que han sufrido alguna alteración en tal sentido que sea por actividad antrópica o de forma natural.

Palabras clave: Actividad antrópica, incendio forestal superficial, materia orgánica, cereza de café, propiedades químicas, propiedades físicas, propiedades biológicas, suelo.



CO-SC-CER518726



ABSTRACT

In this project Will be announced the effects that cause the forest surface fires to the ground, depending on the amount of heat and the time of exposure of the soil to fire in this way it will do its degree of affectations, so it is expected to determine the alterations in its physical, chemical and biological properties, giving greater emphasis to chemical nutrients how are P, Ca and K, which is intended to recover incorporating organic matter based on cherry coffee Because of its high nutrient content especially the P, Ca and K and thus be able to achieve a rehabilitation in these nutrients and in other properties Of the soil by the nutritive effect which has the organic matter at a general level when it is incorporated to the soil resource that have suffered some alteration in such sense that it is for anthropic activity or in a natural way.

Keywords: Anthropic activity, superficial forest fire, organic material, coffee cherry, chemical properties, physical properties, biological properties, soil.



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso fundamental para el desarrollo de la biodiversidad de flora y fauna, siendo este un ecosistema dinámico y complejo, pero al estar expuesto a alteraciones provenientes de diferentes actividades antropogénicas pueden causar un desequilibrio en sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas. El uso insostenible que se le da al suelo proveniente de las malas prácticas de la agricultura, ganadería y algunas quemas indiscriminadas de la vegetación que le puede generar efectos negativos como la degradación y desertificación.

Los incendios forestales afectan los ecosistemas que se encuentra en el suelo, es por eso que son una de las principales causas de destrucción de la vegetación y degradación del suelo, por la pérdida de algunos de sus componentes nutricionales, provocando la erosión de suelos después que se produce un incendio y dejando como consecuencia enormes daños ecológicos, entre ellos la disminución de la biodiversidad, calidad y estabilidad del suelo.

El alcance del proyecto busca llevar a cabo la restauración de estos suelos y de los ecosistemas afectados después de haber sufrido un incendio superficial. Esta restauración se llevará con los frutos de plántula de café mediante la incorporación de materia orgánica a base de cereza de café al suelo que fue afectado por la quema, se espera la recuperación de los componentes químicos alterados como son el P, Ca y K. Está claro que el suelo pierde muchas propiedades como son físicas, químicas y microbiológicas.



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

1. PLANTEAMIENTO

Los incendios constituyen uno de los agentes perturbadores más importantes y activos en los ecosistemas forestales, causando grandes cambios en su fauna y flora. En Colombia esta gran problemática se ha venido presentando debido a dos factores, los cuales son los incendios ocasionados por actividad antropogénicas o de forma natural. Esta última se da por varias circunstancias, una de ella es por las altas temperaturas que se presentan en Colombia y más para la región caribe del país.

La alteración del suelo debido a los incendios se ve reflejada en los cambios del pH, en la infiltración de agua en nutrientes como el P, N, S y otros esenciales. Pérdida de la capa vegetal y por ende hay reducción de la humedad, muerte de microorganismo, aumento de la erosión del suelo y la sedimentación. (Domínguez H, 2016).

En el departamento del Cesar el alto porcentaje de quemas indiscriminadas producidas en forma antropogénica han desertificado alrededor del 60% de las tierras fértiles del Cesar, originando pérdidas en la capacidad del suelo de intercambios de cationes, como también su cambio de textura produciendo una baja retención del recurso hídrico.

En el municipio de Astrea se han venido registrando incendios forestales causado por los campesinos de la región para realizar actividades agrícolas y de ganadería. En otras instancias se han presentado de forma natural, debido a las altas



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

temperaturas registrada. Estos dos componentes que se han venido presentando, generan grandes retrasos en la recuperación de la capa vegetal debido a sus cambios físicos, químicos y microbiológicos.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué grado de afectación sufrirán los componentes químicos (P, Ca y K) del suelo después de un incendio forestal y que porcentaje podrá recuperarse una vez incorporado el compostaje?



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

2. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se enfocará en analizar las pérdidas de los componentes químicos (P, Ca y K) de un suelo afectado por medio de una quema controlada, en la finca monte rubio. Esta quema controlada del área es para obtener estudios que permita determinar las alteraciones que sufrirá el suelo debido a las malas prácticas que se están llevando a cabo en la región para iniciar su actividad agrícola o ganadera.

Por lo tanto, la presente investigación nos permitirá identificar los posibles cambios de los componentes químicos (P, Ca y K) que sufrirá el suelo una vez realizada la quema controlada, para esto es necesario evaluar las características del área antes de realizar cualquier trabajo de restauración, para eso se debe realizar una evaluación rigurosa del daño ocasionado por la quema y así emprender acciones efectivas que permita su restauración, mediante la incorporación de compost a base cereza de café al área y de esta forma dar a conocer la afectación del suelo que es producido por la quema forestal, provocada por acciones antropogénica o que se presente de forma natural.

Estos suelos que han sufrido incendios se les hará la recuperación de (P, Ca y K) con la pulpa de café como abono orgánico con la finalidad de acondicionar el suelo y de esta forma mejorar su contenido de humus y estructura, estimulando la vida micro y meso biológica del suelo, ya que este contribuye a mejorar suelos degradados proporcionando una amplia gama de nutrientes en estos suelos



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

afectados, debido a que los abonos orgánicos son esenciales para mejorar sus condiciones.

Esta investigación servirá en gran parte para todos aquellos productores de café, que desconocen que el desperdicio de la pulpa genera el 60% de contaminación. La pulpa contiene materia orgánica y nutriente. Las concentraciones de P, Ca y K están en mayor cantidad en la pulpa que en el propio grano de café, además de contener Mg, S, Fe y B. Procesado como abono orgánico, estos nutrientes se liberan paulatinamente. (PASOLAC, 2000).



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la Recuperación de P, Ca Y K en suelos afectados por incendios forestales a través de la incorporación de material orgánico (cereza de café), en la finca Monte Rubio de Astrea Cesar.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar las características químicas del suelo en la finca Monte Rubio de Astrea cesar.

Identificar las propiedades químicas del suelo que fue afectado, luego de ser sometido a una quema controlada.

Determinar las características químicas del compost elaborado con la cereza de café.

Estudiar la recuperación del suelo a los que se les han aplicado compost en comparación con el suelo quemado sin tratamiento.



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES.

Vásquez de Días et al, 2010. Realizo un estudio acerca de la Optimización del proceso de compostaje de productos Post-cosecha (cereza) del café con la aplicación de microorganismos nativos, universidad de Santander- UDES. En el 2008, Colombia como primer exportador mundial de café suave, produjo un promedio de 12.524 de sacos de café, cada uno de 60 kg, lo que significó un volumen tanto solo del 20 % de parte utilizable, lo que produjo un total de 3.005 toneladas de pulpa del café correspondiente al 80 % de desechos, lo cual generó un problema ambiental y económico para los agricultores del grano. Por estas razones y con el fin de disminuir el efecto negativo del proceso biológico aeróbico de la pulpa del café, se ha empleado la técnica del compostaje mediante la cual, los microorganismos actúan sobre la materia biodegradable. A pesar de que esta investigación trata del aceleramiento de la fabricación de este tipo compostaje utilizando micro organismo nativos, también hace énfasis en los beneficios que le aporta al suelo.

El producto final de este proceso llamado compost, es rico en nutrientes como nitrógeno, fósforo y bacterias y puede ser aplicado nuevamente a los cultivos de café para la recuperación de suelos, lo que favorece el crecimiento vegetal y ayuda a convertir los suelos infértiles en fértiles.

Posada, C., & Walter, N. (2003). Investigo acerca de la Respuesta de plántulas de café a la fertilización foliar y la aplicación de pulpa de café compostada. Ellos en su



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

investigación se basa en el objetivo de evaluar la respuesta de plántulas de café a la aplicación de fertilizantes foliares y compost de pulpa de café como parte del sustrato de crecimiento. Las plántulas de café (*Coffea arábica* L) C.V. Colombia se trasplantaron a bolsas plásticas que contenían suelo (Typic Dystrudept) o una mezcla suelo con pulpa (suelo más pulpa) en proporción 3:1. Treinta días después del trasplante las plántulas de café recibieron uno de cinco fertilizantes foliares (16-16-2-EM, 18-10-4-EM, 10-4-7-0.5, 12-60-0 y 7.5-0.5-3.5). Las aplicaciones se repitieron cada treinta días durante los siguientes cinco meses. Para ambos sustratos (suelo y suelo más pulpa) se incluyeron testigos sin fertilización foliar. Los tratamientos se organizaron en un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. Mensualmente se evaluó el número de hojas y la altura de las plantas. Ciento ochenta días después del trasplante se cosecharon las plántulas y se determinó la masa seca aérea y radical. Los resultados indican que solamente hubo respuesta significativa ($P < 0.01$) de las plántulas de café a la fertilización foliar cuando el sustrato fue suelo más pulpa. El fertilizante foliar 12-60-0 incrementó significativamente el crecimiento de las plantas por encima de los otros fertilizantes. Los resultados son discutidos en términos de los cambios en la fertilidad del suelo debido a la aplicación de la pulpa de café y al balance nutricional que pueden proveer los fertilizantes foliares.

Según Rosero J & Osorio I, en su Artículo, publicado en la Revista Científica de la Facultad de Ingeniería, Cuaderno Activa. (2013), en su análisis con base a los estudios ya realizados sobre las consecuencias que tienen los incendios forestales en las propiedades del suelo y basándose en las citas literarias de diferentes autores determina que el fuego producido por un incendio forestal puede llegar a afectar las



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

propiedades físicas del suelo, como su capacidad de infiltración, la estructura y la porosidad ya que estos aspectos son prioritarios en el manejo y la recuperación de los suelos expuestos a incendios en Colombia, y debido a que el aumento en la escorrentía y la inestabilidad estructural asociada a dichas propiedades físicas pueden incrementar procesos erosivos y generar movimientos en masa una vez comienza la temporada de lluvias, lo cual acentúa la destrucción de los suelos. Es de anotar que los incendios se presentan durante la temporada seca y el rebrote o la germinación post incendio se pueden ver afectados por la sequía, y dejar el suelo con muy poca protección para el arribo de las primeras lluvias. Llegando a la conclusión de que las afectaciones del recurso suelo varían considerablemente de acuerdo con el pH, los nutrientes iniciales y las actividades biológicas. El fuego modifica su fertilidad al disminuir la acidez, afecta considerablemente el ciclo de nutrientes y los procesos biológicos. También pueden verse afectadas las propiedades físicas como la porosidad y la estabilidad estructural, ya que se generan capas hidrofóbicas en los suelos y disminuye su capacidad de infiltración. A estas situaciones se suma el clima tropical del país que favorece la escorrentía superficial e incrementa la probabilidad de procesos erosivos y movimientos en masa una vez comienza la temporada de lluvias, lo cual contribuye a la destrucción del suelo.

Según el estudio realizado por Ahlstrom et al. (2008), citado por Rosero J & Osorio I, en su Artículo, publicado en la Revista Científica de la Facultad de Ingeniería, Cuaderno Activa. (2013), se hizo el análisis de 15 muestras de cada sitio afectado por el fuego mediante la utilización de tamices de diverso diámetro. En los tamices distribuyeron los agregados, y a través del uso de placas de agitación y agua



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

podieron observar que no se presentó una diferencia notable en la estabilidad de los agregados bajo diferentes intensidades de fuego, y añadieron que se requerían mayores estudios para profundizar en este tema.

El estudio realizado por Domínguez H. (2016). Estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo producidas por la quema controlada de vegetación en el Municipio de Cumaribo, Departamento del Vichada. Tesis de Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. en el que se analizaron los cambios fisicoquímicos del suelo producido por quemas controladas de vegetación en el municipio de Cumaribo, departamento del Vichada en donde se tomaron muestras 1 hora antes de la quema y 30 días después de la quemas a diferentes profundidades una a 0-10 cm y otra de 0-20 cm, dando como resultado un incremento de algunos nutrientes en el corto plazo, siendo este uno de los pocos beneficios de la quema, pero a mediano y largo plazo la quema puede ser perjudicial para la producción vegetal por la volatilización y la lixiviación de los nutrientes. Se sufrieron cambios de disminución de porcentajes de arenas y aumentos de porcentajes de arcillas debido a que el suelo sufrió un cambio de compactación al reducirse los poros y ser ocupados por partículas desagregadas más finas en el factor momento. Además, hubo aumento de k y pH debido al aporte de cationes procedentes de la ceniza; el aumento de Ca y Mg en el factor momento se debió a la poca volatilización de estos cationes. En el contenido del Al se presentó una disminución significativa en el Factor Manejo, como consecuencia del aporte de cationes provenientes de las cenizas y la capacidad de intercambio catiónico también presentó una disminución debido a la degradación de coloides orgánicos e inorgánicos por la quema.



CO-SC-CER518726



4.2. MARCO TEÓRICO

El suelo se le constituye como un ser natural estructurado, que se encuentra en constante cambio y que para su formación y evolución depende de factores bióticos como abióticos. Entre estos factores está el clima, organismos, el relieve y el tiempo; todos ellos actuando sobre el material parental, la roca madre (Weii, 2000).

Otra definición describe al suelo como un cuerpo natural formado por una fase sólida (minerales y materia orgánica), una fase líquida y una fase gaseosa que ocupa la superficie de la tierra, organizada en horizontes o capas de materiales distintos a la roca madre, como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de materia y energía, que tiene capacidad para servir de soporte a las plantas con raíces en un medio natural. Los límites superiores del suelo son la atmósfera, las aguas superficiales poco profundas (es decir, que pueden soportar el crecimiento de raíces), las plantas vivas o el material orgánico que no ha comenzado a descomponerse (USDA, 1998).

Los tipos de suelos son aquellos que se encuentran compuestos por una combinación de sustancias rocosas y otros materiales derivados de estas, además la integran minerales y resto de seres vivos, es por eso que encontramos tipo de suelos arcillosos, suelos arenosos, limosos, orgánicos, suelos pedregosos y suelos calizos (Jaramillo, 2002).

Son suelos compuestos por 45% de arcilla, este componente se encuentra mezclado con humus y le da cualidades aptas para la agricultura, en estos suelos no es posible que se filtre agua. Por lo general se forman charcos, esto en parte



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

afecta a las plantas porque puede llegar ahogar sus raíces. Estos suelos presentan partículas minerales de 0,001mm. Debido a que el suelo presenta alto porcentaje de arcilla, tiende a una textura plástica (ARQHYS, 2017).

Los suelos arenosos están formados mayoritariamente por arena con un gran porcentaje del 75%, se trata de un suelo de textura ligera y fina, en su composición no hay mucha materia orgánica: esto lo convierte en un suelo no apto para trabajar en actividades agrícolas, además su textura permite la absorción del agua, pero no es capaz de tenerla. La arena son partículas pequeñas de piedras de carácter silicio con un diámetro entre 0,02 y 2mm. A diferencia de la arcilla los

Suelos arenosos no retienen el agua, que rápidamente se hunden en capas más profundas, son suelos considerados secos ya que presenta poca humedad. Este tipo de suelo se conoce porque sus partículas al ser manipuladas permanecen sueltos (Botánica-Online SL, 1999-2017).

Los suelos limosos están formados con limo en abundancia, por esta razón este suelo tiene un carácter compactado y un filtrado de agua rápido y es estéril. El limo es un tipo de material muy fino que ha sido llevado a un lugar a través de los ríos o arrastrado por el viento o por la lluvia. Sus partículas tienen una medida de 0,002 y 0,05mm de diámetro, además es un suelo compuesto por arena y arcilla (ARQHYS, 2017).

Los suelos orgánicos son la acumulación, descomposición y almacenamiento de la materia orgánica, proveniente de restos vegetales y animales. Este tipo de suelo se



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

presenta en aquellos ecosistemas que tienen alta productividad de flora y fauna. Las bajas temperaturas y el exceso de agua hacen que la materia orgánica no descompuesta se acumule en la superficie del suelo, lo cual a través del tiempo son aprovechados por organismos del suelo tales como bacterias hongos o lombrices (Angelini, M. et al, 2014).

Se llaman 'suelos rocosos' a aquellos terrenos que están compuesto, en su mayoría, por piedras y rocas. Estas son obtenidas de la partición de la corteza terrestre por causas naturales o artificiales. También se los conoce con el nombre de 'suelos pedregosos' y por la gavilla que poseen suelen ser terrenos que son difíciles de humectar, siendo que este componente forma una capa difícil de atravesar por el agua. La resequedad del terreno es lo que provoca la pérdida de nutrientes. Este es el motivo por el cual este tipo de suelos es considerado infértil e improductivo para el cultivo, sumado a que es un terreno muy pobre en minerales. Las pocas especies de plantas que pueden cultivarse y crecer en este terreno son las de tipo aromática y medicinal, como por ejemplo la albahaca. Otras características a destacar de los suelos pedregosos es que es muy ligero y mantiene un color blanco sucio o marrón claro. (MasTiposdesuelos, 2016).

Se conoce como 'suelos calizos' a aquellos terrenos compuestos, en su mayoría, por cal o sales calcáreas. La caliza es un tipo de roca natural pequeña, de color blanca. Está compuesta por carbonato de calcio, carbonatos de magnesio y otros minerales, como son el cuarzo, la arcilla y la hematita. Un suelo compuesto por ella se caracteriza por ser muy árido y seco. Además, este suelo en parte también contiene carbonato de calcio. Esto es lo que genera el resecamiento tan rápido y lo que impide que los nutrientes de la tierra puedan ser absorbidos por las plantas. Por



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

esta razón es que no se recomienda el cultivo en los suelos calizos. Este carece de nutrientes y agua, no tiene mucho que brindarle a la planta y está en consecuencia termina muriendo con facilidad. Aun así, existen mejoras que se pueden realizar al terreno y plantas especiales para cultivar en este tipo de tierras (MasTiposde, 2016).

El perfil del suelo es una característica muy importante del mismo ya que el perfil nos permite conocer e identificar las diferentes secciones por el cual está compuesto, así como la ordenación vertical de los tipos de horizontes que lo conforman hasta llegar a la roca madre. Los horizontes o capas son niveles que se forman debido a la acumulación de materia orgánica descompuesta en el seno del suelo y los sedimentos aluviales que colmatan las reservas de agua, cada uno de estos horizontes presentan composición y características distintas.

El horizonte A, conocido también como horizonte de lixiviación o lavado, generalmente presenta un tono oscuro debido a la abundancia de materia orgánica, es decir rico en humos; por el contrario, es pobre en minerales solubles ya que el agua de lluvia los disuelve arrastrándolos hacia horizontes inferiores. Es una capa muy importante debido a que proporciona al suelo los elementos nutricionales para las plantas. Si el horizonte A esta muy desarrollado se puede distinguir tres subniveles. En la superficie del horizonte A suele haber una gran acumulación de materia orgánica poco descompuesta llamado horizonte 0 o A₀, le sigue una zona rica en humos elaborado o A₁ y en el subnivel A₂ predominan los minerales sobre el humus. (Moreno, P. 2009).



CO-SC-CER518726



El horizonte B, es un horizonte de precipitación o acumulación, carece de humus, pero presenta óxido de hierro por lo que su color es un poco más claro, en él se depositan los materiales arrastrados de la parte superior como son las sales minerales disueltas y se caracteriza por tener mayor cantidad de arcilla por lo que es menos poroso, y el carbonato cálcico, de niveles superiores e inferiores, se precipita formando caliches. Es una zona de lixiviación, pues el agua de la lluvia arrastra a la zona siguiente parte de la arcilla con hierro y con iones alcalinos. (Moreno, P. 2009).

El horizonte C, conocido también como horizonte de transición, es el más profundo, siendo la capa de tránsito hacia la roca madre. Está formado por cantos gruesos sueltos (fragmentos de roca madre), arena y arcilla. Al estar tan profundo, no llegan a él ni la acción biológica ni la del clima, por lo que apenas se ha transformado. Actúa de receptor de las soluciones que el agua le lleva de las capas superiores y en esta sección el suelo crece hacia abajo ya que al alterarse la roca madre se incorpora al nivel de C del suelo. (Moreno, P. 2009).

El horizonte D, formado por la roca madre, no fragmentada ni alterada. El espesor del suelo es variable, pues va desde algunos centímetros de espesor hasta muchos metros. (Moreno, P. 2009).

La taxonomía del suelo es una estructura que se le hace para identificar sus características con el fin de reconocer diferentes condiciones de formación. El suelo puede estar clasificado en seis categorías diferentes, dentro de las cuales encontramos las características de las órdenes del suelo que son las siguientes:



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

Gelisoles, histosoles, espodosoles, andisoles, oxisoles, vertisoles, aridisoles, ultisoles, mollisoles, alfisoles, inceptisoles y entisoles. (SOIL SURVEY STAFF. 1999).

El suelo es un recurso importante para las actividades antropogénicas debido a la variedad de nutrientes que se pueden encontrar. Gran parte de ese nutrimento es inorgánico y están determinado de acuerdo al tipo del suelo y a sus propiedades físico-químicas. Las propiedades físico-químicas de los suelos son sumamente importante para entender las reacciones que se están realizando y cómo ello influye en la deficiencia o exceso de los nutrientes. (Owen, E. 1993).

Debemos tener en cuenta que en el suelo encontramos tres fases según (Jaramillo 2002), que son: La fase sólida, compuesta por el conjunto de las partículas inorgánicas (cristalinas y no cristalinas) y las orgánicas, La fase líquida, que la componen el agua y los solutos que están disueltos en ella, es decir, la fase líquida es, en realidad, una solución: la solución del suelo. La fase gaseosa o atmósfera del suelo, formada por todos aquellos compuestos que se presentan en forma gaseosa y cuyos representantes más abundantes, en condiciones de aireación adecuada del suelo son el CO₂, O₂ y vapor de agua.

La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles. Las principales propiedades físicas del suelo son el color, la textura, densidad real, densidad aparente, porosidad y estructura. (Rucks L, et al. 2004).

El color del suelo viene dado por la existencia y proporción de compuestos orgánicos y minerales. La materia orgánica produce colores oscuros, generalmente negruzcos o pardos, como consecuencia de la presencia de ácidos húmicos. La acumulación de materia orgánica procedente de la muerte y descomposición de organismos vivos (hojas, raíces, microorganismos y pequeños animales) les confiere a los horizontes superiores de los suelos unos colores más oscuros que los que presentan los materiales más profundos. Un color un poco más claro o blanco indica presencia de carbonatos y/o yesos y colores grises/verdes/azulados hidromorfía permanente. (Münsell Color, 1975).

El suelo está constituido por partículas de diferente tamaño. Conocer la granulometría es esencial para cualquier estudio del suelo. Para agrupar a los constituyentes del suelo según su tamaño se han establecido muchas clasificaciones. La textura de un suelo está determinada por las cantidades de partículas minerales inorgánicas (medidas como porcentajes en peso) de diferentes tamaños (arena, limo y arcilla) que contiene. La proporción y magnitud de muchas reacciones físicas, químicas y biológicas en los suelos están gobernadas por la textura, debido a que ésta determina el tamaño de la superficie sobre la cual ocurren las reacciones, además de la plasticidad, la permeabilidad, la facilidad para trabajar



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

la tierra, la sequedad, la fertilidad y la productividad que varían dependiendo de la región geográfica. Las partículas de arena son comparativamente de tamaño grande (0.05-2mm) y, por lo tanto, exponen una superficie pequeña comparada con la expuesta por un peso igual de partículas de arcilla o de limo. La función que ésta tiene en las actividades físicas y químicas de un suelo es casi insignificante, las arenas aumentan el tamaño de los espacios de los poros entre las partículas, facilitando el movimiento del aire y del agua de drenaje. El tamaño de partícula de los limos va de 0.002 a 0.05mm, tiene una velocidad de intemperización más rápida y una liberación de nutrimentos solubles para el crecimiento vegetal mayor que la arena. Los suelos limosos tienen gran capacidad para retener agua disponible para el crecimiento vegetal. Las partículas de limo se sienten suaves, semejantes a un polvo y tienen poca tendencia a reunirse o a adherirse a otras partículas (Buckman & Brady, 1966)

La densidad real es un medio de expresión del peso del suelo, se manifiesta según la densidad de las partículas sólidas que lo constituye. Normalmente se define como la masa (o peso) de una unidad de volumen de sólidos del suelo y es llamada densidad de la partícula; aunque pueden observarse variaciones considerables en la densidad de los suelos minerales, individuales; la mayor parte de los suelos normales varían entre los límites estrechos de 2,60 a 2,7 g/cc. Debido a que la materia orgánica pesa mucho menos que un volumen igual de sólidos minerales, la cantidad de ese constituyente en un suelo afecta marcadamente a la densidad de partículas. Como consecuencia, los suelos superficiales poseen generalmente una densidad de partículas más baja que la del subsuelo. La densidad más alta en estas condiciones, suele ser de 2,4g/cc. También se le define como el peso de un volumen



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

conocido comparado con el peso de volumen igual de agua (Buckman & Brady, 1966).

La densidad aparente es la densidad del suelo que se calcula teniendo en cuenta el espacio ocupado por los poros al cuantificar el volumen de la muestra de suelo, razón por la cual depende de la organización que presente la fracción sólida del mismo y está afectada por su textura, su estructura, su contenido de materia orgánica, su humedad (en especial en suelos con materiales expansivos) y su grado de compactación, principalmente. En términos prácticos, es la densidad que tiene la tierra fina del suelo, con la organización que ella posea. (Jaramillo 2002).

Casi todos los suelos minerales tienen una densidad aparente que varía de 0.4 a 2.0 g/cc. La densidad aparente es importante para estudios cuantitativos de suelo. Los resultados de las densidades aparentes son fundamentales para calcular los movimientos de humedad, los grados de formación de arcilla y la acumulación de los carbonatos en los perfiles de suelo, Los suelos orgánicos tienen muy baja densidad aparente en comparación con los suelos minerales (Aguilera, 1989).

La porosidad fracción agua/gases. Los espacios o poros que hay entre partículas sólidas (orgánicas e inorgánicas) del suelo, contienen diversas cantidades de dos componentes inorgánicos clave: el agua y el aire. El agua es el principal componente líquido de los suelos y contiene sustancias minerales, oxígeno (O₂) y bióxido de carbono (CO₂) en disolución, mientras que la fase gaseosa en los suelos está constituida por aire. Dependiendo del contenido de humedad del suelo, los poros se encuentran ocupados por agua o por aire (Aguilera, 1989).



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macroporos y microporos. Los primeros no retienen el agua contra la fuerza de la gravedad, y por lo tanto son los responsables del drenaje y la aireación del suelo, constituyendo, además, el principal espacio en el que se desarrollan las raíces. Los segundos son los que retienen agua, parte de la cual es disponible para las plantas. La porosidad total o espacio poroso del suelo, es la suma de macroporos y microporos. Las características del espacio poroso, dependen de la textura y la estructura del suelo. (Rucks, L., et al. 2004).

La estructura es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados. De acuerdo a esta característica se distinguen suelos de estructura esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en bloques), y granular (en granos). Se habla de estructura como una propiedad y es más bien un estado, ya que cuando el suelo está seco, se agrieta y se manifiesta la estructura, pero si está húmedo, el suelo se vuelve masivo, sin grietas y la estructura no se manifiesta. (CIPA, OASIS, 2011). Fassbender (1982), define la química de suelos como aquella parte de la ciencia del suelo que estudia la composición, las propiedades y las reacciones químicas de los suelos. Estas propiedades químicas son:

El pH, en el suelo encontramos hidrogeniones en soluciones que mide la concentración de acidez, es por eso Una de las características del suelo más importantes es su reacción, ésta ha sido debidamente reconocida debido a que los microorganismos y plantas superiores responden notablemente tanto a su medio



CO-SC-CER518726



químico, como a la reacción del suelo y los factores asociados con ella. Tres condiciones son posibles: acidez, neutralidad, y alcalinidad (Buckman & Brady, 1966).

Cualquier proceso que pueda aumentar el contenido de bases intercambiables como el Ca, Mg, K y Na, contribuirá a la reducción de la acidez y aumento de la alcalinidad. Uno de los procesos de formación de bases es el intemperismo ya que extraen cationes cambiabiles de los minerales y los hacen aprovechables por adsorción. Otro proceso es la adición de materiales que contienen bases tales como las calizas; las aguas de riego son otro factor ya que el agua contiene sales minerales de diferente tipo, siendo sus cationes adsorbidos por los coloides del suelo. Las condiciones que permiten a las bases intercambiables permanecer en el suelo aumentarán también los valores de pH (Buchkman & Brady, 1966),

Desde el punto de vista del pH, los suelos se pueden agrupar en tres grandes categorías: suelos ácidos los que presentan $pH < 6.5$; Suelos neutros los que tienen pH entre 6.5 y 7.3 y suelos básicos aquellos que exhiben valores de $pH > 7.3$. (Jaramillo, 2002).

Tabla 1. Clasificación de pH

Valor de pH	clasificación
<3.5	Ultra acido
3.5 - 4.4	Extremadamente acido
4.5 - 5.5	Muy fuertemente acido
5.1 – 5.5	Fuertemente acido
5.6 – 6	Moderadamente acido
6.1 – 6.5	Ligeramente acido



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

6.6 – 7.3	neutro
7.4 – 7.8	Ligeramente alcalino
7.9 – 8.4	Moderadamente alcalino
8.5 – 9	Fuertemente alcalino
>9	Fuertemente alcalino

Fuente: (Jaramillo, 2002)

CIC (capacidad de intercambio catiónico). El intercambio iónico es un proceso reversible, estequiométrico y rápido mediante el cual la fase sólida retira y retiene algunos iones de la solución del suelo, al tiempo que le entrega cantidades equivalentes de otros, para establecer un nuevo equilibrio entre las 2 fases, lo cual estos procesos de intercambio se dan tanto como cationes como con aniones. (Jaramillo 2002).

La materia orgánica del suelo constituye la fracción orgánica que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo, así como sustancias producidas por los organismos del suelo. La parte más estable de esta materia orgánica se llama humus, que se obtiene de la descomposición de la mayor parte de las sustancias vegetales o animales añadidas al suelo. La fracción orgánica del suelo regula los procesos químicos que allí ocurren, influye sobre las características físicas y es el centro de casi todas las actividades biológicas en el mismo, incluyendo la micro flora y la fauna (Bornemisza, 1982).

Según (Jaramillo, 2002). La importancia del suelo hace parte del sustento y desarrollo de la vida del hombre, a lo que conlleva a decir que el suelo es un ecosistema terrestre, donde encontramos agua y componentes nutricionales que la



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

flora y la fauna utilizan, contribuyéndole a la flora nutrientes para su crecimiento, por lo tanto, el suelo se convierte en la base fundamental para el desarrollo de un ecosistema. Gracias al suelo el hombre obtiene sus alimentos, siendo este recurso la materia prima para conseguirlos. Existen grandes extensiones de bosques de bosque forestales y que estos a sus veces son grandes productores de oxígeno y sirven de hábitat para la fauna; pero el ritmo de uso de este recurso debido a las actividades antropogénicas está causando una sobre explotación y por ende una contaminación.

Las zonas forestales son imprescindibles para la vida en el planeta. Además de ser parte fundamental en los ciclos de producción y distribución del agua, purifican el aire que respiramos al capturar bióxido de carbono y liberar oxígeno. También regulan la temperatura y la humedad, con lo que se equilibra el clima; proporcionan alimento, medicina y refugio a los seres vivos; y son fuente de materia prima en muchas actividades humanas. (Incendios forestales, 2010).

Los incendios forestales pueden originarse de dos formas, que sería de manera natural o por alguna actividad antropogénica debido a la irresponsabilidad o por negligencia. Se calcula que las actividades humanas ocasionan el 99% de éstos incendios y sólo el resto tiene como causas fenómenos naturales como descargas eléctricas y la erupción de volcanes. Algunas de estas causas pueden ser por negligencia, intencionales, accidentales y naturales. (Incendios forestales, 2010).

Según (Incendios forestales, 2010), los tipos de incendios forestales se pueden clasificar en incendios superficiales, subterráneos y de copa o aéreos.



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

Los incendios superficiales se producen cuando el fuego se propaga en forma horizontal sobre la superficie del terreno y alcanza hasta metro y medio de altura. Éstos afectan combustibles vivos y muertos como pastizales, hojas, ramas, ramillas, arbustos o pequeños árboles de regeneración natural o plantación, troncos, humus, entre otros.

Cuando un incendio superficial se propaga bajo el suelo, se convierte en un Incendio Subterráneo. En este caso llega a quemarse la materia orgánica acumulada y las raíces, e incluso puede alcanzar los afloramientos rocosos. Generalmente éstos no producen llamas y emiten poco humo.

Los Incendios de copa o aéreos pueden llegar a ser los más destructivos, peligrosos y difíciles de controlar, debido a que el fuego consume toda la vegetación. También comienzan en forma superficial, pero en este caso, las llamas avanzan primero sobre el nivel del suelo y se propagan por continuidad vertical, es decir, escalan vegetación dispuesta hacia arriba que sirve de combustible en escalera hacia las copas de los árboles.

La recuperación de suelos consiste en hacer que éstos recuperen su potencial productivo y fertilidad. Así como mantener los niveles de mejoramiento alcanzado, mediante prácticas sustentables y la aplicación de bioinsumos, abonos orgánicos, mejoradores del suelo, abonos verdes o a aquellos también conocidos como: biosólidos, compost, mulch y gallinaza. En cuanto a los tipos de recuperación existentes el que se aplicará será la recuperación a través de compost utilizando la cereza de café para su elaboración. (SAGARPA, 2017).



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

Con base en la reglamentación argentina, se denomina Biosólidos al producto originado en la transformación de lodos orgánicos biodegradables, a través de tratamientos destinados a reducir su nivel de patogenicidad, su poder de fermentación y su capacidad de atracción de vectores y a otorgarles aptitud para su utilización agrícola y para recuperación de suelos y sitios degradados. (Jaramillo, 2002).

El Mulch Conocido como Mulching es el proceso de cubrir la capa arable o el suelo fértil con materiales secos como hojas, hierba, ramitas, residuos del cultivo, paja etc. Una cobertura de mulch realza la actividad de los organismos del suelo como lombrices que ayudan a crear una estructura del suelo con bastantes poros grandes y pequeños, a través de los cuales el agua de lluvia fácilmente puede infiltrarse en el suelo, reduciendo así la escorrentía en la superficie; como el mulch se pudre, este aumenta el contenido de materia orgánica en el suelo. La materia orgánica en el suelo ayuda a crear un buen suelo con una estructura granular estable, así las partículas del suelo no serán fácilmente erosionadas; por consiguiente, el mulch juega un papel crucial en el control de la erosión. (Nieuwenhuis, R. & Schöll, L. 1998). La gallinaza son excretas de gallinas ponedoras que se acumulan durante la etapa de producción de huevo o bien durante periodos de desarrollo de este tipo de aves, mezclado con desperdicios de alimento y plumas. Puede o no considerarse la mezcla con los materiales de la cama. Este material tiene grandes ventajas para incrementar la producción de los cultivos, entre las más importantes están: el aporte de nutrientes como N, P y K, e incremento de la materia orgánica del suelo. (Estrada, M. 2005).



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

El compost es un abono orgánico natural resultante del proceso de descomposición bajo condiciones controladas de la materia orgánica el compost puede realizarse de los siguientes componentes: Restos de frutas y verduras, Paja y heno viejo, Restos de plantas, Estiércoles pajizos, Flores viejas y plantas de macetas, desbroces de setos jóvenes, malezas perennes, lechos de conejos y otros animales herbívoros. Del cual se obtiene como resultado un producto de gran valor nutricional para conservación y productividad de los suelos mejorando su fertilidad y composición nutritivas. (Terra Petra, 2017).

El uso de la pulpa de café como abono orgánico tiene la finalidad de acondicionar el suelo mejorando su contenido de humus y estructura, estimulando la vida micro- y meso biológica del suelo. Del café uva solo el 18.5% es café oro, el resto del fruto es agua (20%), pulpa (41%), cascarilla (4.5%), mucilago (16%). La pulpa contiene materia orgánica y nutriente. Las concentraciones de P, Ca y K están en mayor cantidad en la pulpa que en el propio grano de café, además de contener Mg, S, Fe y B. Procesado como abono orgánico, estos nutrientes se liberan paulatinamente. En laderas es esencial combinar la aplicación del abono para mejorar la fertilidad del suelo con otras prácticas de control de erosión. El abono de pulpa de café, en la actualidad, se utiliza preferiblemente para establecer nuevas plantaciones de café y para viveros. Sin embargo, se puede utilizar en plantaciones de producción. (PASOLAC, 2000).



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

4.3 MARCO CONCEPTUAL

ABONO ORGANICO: Tipo de fertilizante que se produce a partir de plantas, animales u hongos.

ALFISOLES: En estos suelos también se ha formado un horizonte de acumulación de arcilla que se ha movido desde la parte superior del suelo, pero, a diferencia del Ultisol, en este orden las arcillas acumuladas son de mejor calidad por lo que se presenta una saturación de bases alta.

ALUVIAL: Formaciones a partir de materiales arrastrados y depositados por corrientes de agua.

ANDISOLES: Suelos con alta fijación de fosfatos y baja densidad, derivados de materiales volcánicos y normalmente son ácidos.

ARIDISOLES: Son suelos que se presentan en climas muy secos.

ATMÓSFERA: El aire que rodea la Tierra es conocido como atmósfera. La capa de gas que envuelve al planeta es atraída por la fuerza de la gravedad y por el efecto de las bajas temperaturas.

ECOLOGIA: La ecología es el estudio de la relación entre las plantas y los animales con su ambiente físico y biológico.

EL pH: Medida de la acidez o alcalinidad de una solución.

ESPODOSOLES: Suelos que presentan un horizonte oscuro de acumulación de materia orgánica y aluminio, con o sin hierro, ubicado por debajo de un horizonte más claro que ha aportado aquellos materiales. Son suelos ácidos.



CO-SC-CER518726



ENTISOLES: Son los suelos que presentan menor grado de evolución. Por lo general sólo se observa organización de suelo en la parte superior del mismo, por efecto de la materia orgánica y de la actividad biológica presentes en ella. Este orden, junto con el de los Inceptisoles, presenta la mayor variabilidad en sus propiedades.

GELISOLES: Son suelos que presentan condiciones de congelamiento durante periodos largos de tiempo y que tienen o no hielo. Presentan alta variabilidad en sus propiedades.

HISTOSOLES: Son suelos típicamente orgánicos, aunque pueden tener algunos horizontes delgados de materiales minerales.

HONGOS: Grupo de seres vivos diferentes de las plantas y de los animales, razón por la cual se clasifican en un reino aparte llamado Fungí.

INCEPTISOLES: Son suelos que no cumplen los requisitos para ubicarse en alguno de los órdenes anteriores pero que presentan evidencias de evolución incipiente que los ha llevado a desarrollar varios horizontes con estructura de suelo.

INCENDIO: Fuego de grandes proporciones que destruye aquello que no está destinado a quemarse.

MATERIA ORGÁNICA: La materia orgánica de los suelos es el producto de la descomposición química de las excreciones de animales y microorganismos, de residuos de plantas o de la degradación de cualquiera de ellos tras su muerte.

MOLLISOLES: Son suelos que presentan adecuadas propiedades físico-químicas en la zona de raíces.



CO-SC-CER518726



OXISOLES: Suelos muy evolucionados, típicos de ambientes tropicales. Casi no tienen minerales diferentes al cuarzo en su fracción gruesa y en la fracción arcilla predominan los óxidos de Fe y de Al y suelos ácidos.

ULTISOLES: Suelos muy evolucionados que presentan un horizonte que ha acumulado arcilla que se ha movilizó desde las partes más superficiales del suelo. Las arcillas acumuladas son de baja calidad por lo que el suelo es ácido y poco fértil.

VERTISOLES: Son suelos arcillosos que se agrietan fuertemente cuando se secan. Su reacción se encuentra entre ligeramente ácida a fuertemente alcalino.

4.4. MARCO CONTEXTUAL

Astrea es un municipio colombiano, situado en el noreste del país, en el departamento de Cesar. Limita al norte y al oeste con el municipio de Pijiño del Carmen (ubicado en el departamento de Magdalena). Por el norte, también limita con El Paso. Por el sur con el departamento de Magdalena (municipios de San Sebastián de Buenavista y Guamal) y al este con Chimichagua. Es un territorio rico en fauna y flora, donde la base de su economía es la agricultura, ganadería, la pesca artesanal y el comercio artesanal. Tiene una extensión total de $563,14 \text{ km}^2$, con una altitud de 70 msnm, por eso tiene una temperatura media de 35°C y está a una distancia de referencia de 172 km hacia Valledupar Cesar, la capital del departamento. Astrea según el censo general de la población realizado por el DANE en 2005 es de 18394 habitantes.

La finca Monte Rubio tiene una extensión de 37 hectáreas con 16 m y está ubicada a 5 km de la zona urbana de Astrea, en la cual realizan actividades de agricultura, ganadería, piscicultura.

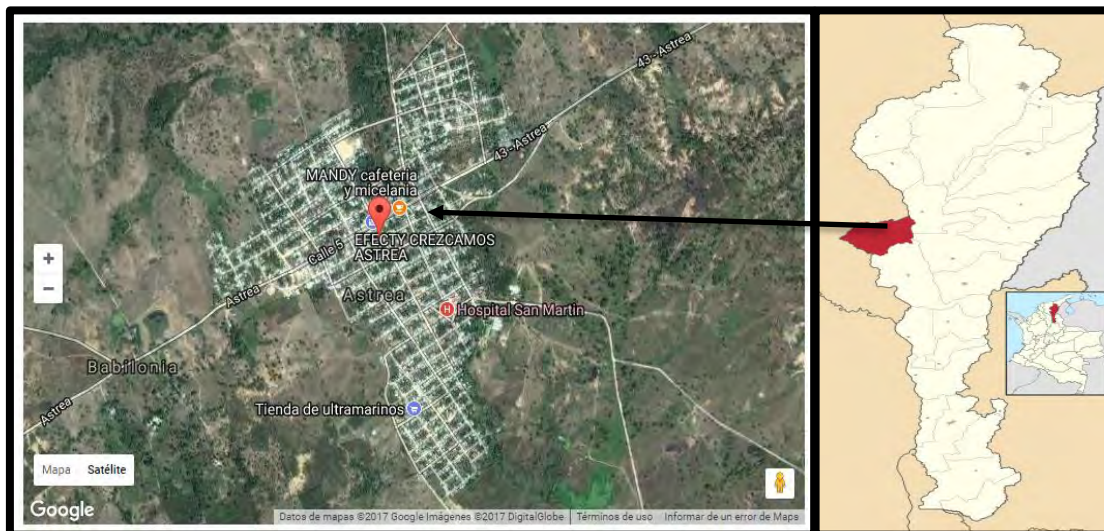


CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

Imagen 1: Ubicación geográfica del Área de estudio



Fuente: Google Maps.

4.5. MARCO LEGAL

En Colombia los recursos naturales están protegidos mediante un código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente, creado por el decreto ley 2811 de 1974. Tiene como finalidad la preservación, restauración y la conservación de estos recursos renovables como el agua, aire, fauna, flora y suelo. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

En las siguientes tablas resaltaremos las normativas más importantes que hay sobre la protección del recurso suelo y sobre flora, teniendo en cuenta que están siendo afectadas por incendios forestales.



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

Tabla 2. Normatividad referente al componente suelo.

NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Ley 23 de 1973	Principios fundamentales sobre prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo.
Decreto 843 del 1979	Trata sobre la disposición para el control de abonos o fertilizantes en el acondicionamiento del suelo.
Decreto 2811 del 1974	Se refiere al uso potencial del suelo según los factores físicos, ecológicos y socios económicos de la región.
Resolución 170 del 2009	Por la cual se declara en Colombia el año 2009 como año de los suelos y el 17 de junio como Día Nacional de los Suelos y se adoptan medidas para la conservación y protección de los suelos en el territorio nacional.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019

Tabla 3. Normatividad referente a la Reforestación e Incendios Forestales

NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Ley 171 DE 2016	Por medio del cual se promueve la siembra obligatoria de árboles - Ley Siembra Verde.
Ley 1021 DE 2006	La presente ley tiene por objeto establecer el Régimen Forestal Nacional, conformado por un conjunto coherente de normas legales y coordinaciones institucionales, con el fin de promover el desarrollo sostenible del sector forestal colombiano en el marco del Plan Nacional de Desarrollo Forestal. A tal efecto, la ley establece la organización administrativa necesaria del Estado y regula las actividades relacionadas con los bosques naturales y las plantaciones forestales.



CO-SC-CER518726



Ley 1523 del 2012	Es un instrumento normativo, que da los elementos jurídicos sobre la cual se basa la gestión del riesgo de desastres en Colombia. Los incendios forestales, se constituyen en un riesgo ecológico, que generan pérdidas de la biodiversidad, desestabilizan ecosistemas y los ciclos naturales, afectando directamente al ambiente y al hombre.
Ley 299 del 1996	Por la cual se protege la flora colombiana, se reglamentan los jardines botánicos y se dictan otras disposiciones.
Ley 139 del 1994	Se crea el certificado de incentivos forestal. Su fin es el de promover la realización de inversiones directas en nuevas plantaciones forestales de carácter protector-productor en terrenos de aptitud forestal. Podrán acceder a éste las personas naturales o jurídicas.
Decreto 2340 de 1997	Por el cual se dictan unas medidas para la organización en materia de prevención y mitigación de incendios forestales y se dictan otras disposiciones.
Resolución 1628 del 2015	Por la cual se declaran y delimitan unas zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente y se toman otras determinaciones
Resolución 0705 del 2013	Por medio de la cual se establecen unas reservas de recursos naturales de manera temporal como zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables o del ambiente y se dictan otras disposiciones
Resolución 0207 del 2009	Por medio de la cual se crea el Registro de las organizaciones articuladoras de las Reservas Naturales de la Sociedad Civil y otros esfuerzos de conservación privada en reconocimiento a su aporte a la Estrategia Nacional de Conservación IN SITU de Diversidad Biológica

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

Tabla 4. Normatividad referente a los Recursos Naturales.

NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Ley 99 del 1993	Diciembre 22 de 1993 Por la cual se crea el Ministerio de Ambiente, se re ordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
Ley 23 del 1973	Diciembre 19 de 1973 Por el cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones.
Decreto ley 2811 del 1974	Con base en las facultades extraordinarias concedidas en la Ley 23 de 1973 se expide el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
Resolución 1433 2017	Por medio del cual se proroga el termino de duración de las zonas de protección y desarrollo de los recursos y del medio ambiente establecidas mediante la resolución 1628 del 2015.
Resolución 705 del 2013	Por medio de la cual se establecen unas reservas de recursos naturales de manera temporal como zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables o del ambiente y se dictan otras disposiciones.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Una investigación se puede realizar dependiendo del tipo de metodología a tratar. Esta investigación para la recuperación de suelos afectados por incendios forestales es de tipo exploratoria-descriptiva, mediante la utilización de compostaje a base de cereza de café, con nivel de investigación de campo y documental.

5.1.1. DESCRIPTIVA

Con el tipo de estudio descriptivo se buscó, medir, evaluar o recolectar datos sobre diversos conceptos (Variables), aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar, en un estudio descriptivo se seleccionan una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas para así (vélgase la redundancia) describir lo que se investiga (Hernández, et al., 2006).

Además de describir el fenómeno, se trató de buscar la explicación del comportamiento de las variables. Su metodología es básicamente cuantitativa y su fin último es el descubrimiento de las causas. Se pueden considerar entre las disciplinas planteadas para el desarrollo de la metodología aplicada está el diseño experimental. (Hernández, et al., 2003).

5.1.2. EXPLORATORIA



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

Si no existen investigaciones previas sobre nuestro objeto de estudio, y por lo tanto se requiere explorar e indagar, con el fin de alcanzar el objetivo planteado, se utilizó el tipo de investigación exploratoria. Según esto se puede definir este tipo de exploración de la siguiente manera: explorar significa incursionar en un territorio desconocido. Por lo tanto, emprenderemos una investigación exploratoria cuando no conocemos el tema por investigar, o cuando nuestro conocimiento es tan vago e impreciso que nos impide sacar las más provisorias conclusiones sobre qué aspectos son relevantes y cuáles no. Se puede tener una gran voluntad y entusiasmo para estudiar o investigar cualquier tema, pero si se desconoce el mismo se debe iniciar un estudio exploratorio para empezar a conocerlo y familiarizarse con él, para precisar mejor el problema que interesa resolver o para comenzar a dar forma a alguna hipótesis previa que sobre la cuestión tengamos. (Nieves Cruz Felipe, 2006).

5.1.3. LINEA DE INVESTGACION

Sostenibilidad y gestión ambiental.

5.1.4. SUB LINEA DE INVESTIGACION

Recurso suelo.

5.2. POBLACIÓN

La población donde se desarrolló la investigación está dirigida para el suelo del departamento del cesar que han sufrido afectaciones por incendios forestales, el cual tiene una extensión de área involucrada de alrededor de 3.500 hectáreas. la población de suelo se tomó en el municipio Astrea Cesar el cual tiene una extensión total de $563,14\text{km}^2$, y cuyo porcentaje desertificación de los suelos por incendios, es alrededor del 60%. la muestra, fue extraída exactamente del suelo de la finca



CO-SC-CER518726



Monte Rubio la cual tiene un área de 37 hectáreas con 16 m, y se encuentra ubicada a 5 km de la zona urbana del municipio.

5.3. MUESTRA

Se tomaron 2 muestras de suelo en la finca monte rubio para sus respectivos análisis. Se extrajo una muestra antes de la quema controlada es decir el suelo en su estado natural y la otra muestra se tomó después de haberle realizado al suelo la quema controlada.

5.4. FASES METODOLÓGICAS

Para llevar a cabo la investigación, de afectación de los incendios forestales en el suelo de la finca Monte Rubio, se realizaron ciertas etapas como:

Etapa 1. Recopilación de la información

En esta etapa se hizo la recopilación de la información primaria y secundaria. La información primaria se tomó de investigaciones relacionadas con el tema tratado en esta investigación, procedentes de revisión documental: libros, proyectos, artículos, internet, entre otros. La información secundaria se realizó en campo, mediante la práctica y recopilación de experiencias que se llevaron a cabo en el área de estudio de ejecución del proyecto. Cada uno de estos métodos de recopilación de información sirvió de base para tener ideas amplias y que ayudaron a la elaboración de todos los procesos necesarios que se derivan de las siguientes etapas y así poder cumplir con cada uno de los objetivos específicos.

Etapa 2. Determinar las características químicas del suelo en la finca Monte Rubio de Astrea cesar



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

Etapa 2.1. TOMA DE MUESTRAS. Se tomó una muestra de suelo original de 200grs, para realizar los siguientes análisis:

Análisis físicos: Textura, Densidad real y aparente y % de porosidad.

Análisis químicos: pH o reacción del suelo, C.I.C, P, Ca, K, N.

Etapa 3. Identificar las propiedades químicas del suelo que fue afectado, luego de ser sometido a una quema controlada

Etapa 3.1. Técnica para realizar las quemas controladas. Para la realización de las quemas controladas se tuvo en cuenta el decreto 4296 del 2004, que habla de cuál es el procedimiento y requisitos pertinente para la realización de quemas controladas en áreas abiertas. En la presente investigación el tipo de quema controlada se realizó según (USDA 1989) que dice que, Las quemas controladas se categorizan según la dirección en que éstas arden con respecto al viento. El fuego se propaga en la dirección en la que existen combustibles orgánicos secos (troncos, hojas, ramas pequeñas, etc.) para alimentar su desplazamiento. La dirección y velocidad del viento determinan la velocidad con que el fuego se mueve. Se distinguen cuatro tipos básicos de quema, sobre la base del punto donde se inicia el fuego con respecto a la dirección del viento y la materia combustible disponible. Estos son: quemas de retroceso, quemas de avance, quemas laterales y quemas circulares.

En este caso se llevó a cabo quemas de avance. Estas se inician en dirección a los vientos prevalecientes, de modo que el fuego se desplace en la misma dirección que el viento. Las quemas de avance, típicamente, se mueven de manera más rápida, pero no siempre resultan en una combustión completa de la materia combustible. Estas quemas, generalmente, se inician en una serie de líneas



CO-SC-CER518726



llamadas fajas de quema de avance. Esta técnica ofrece un mayor control, pues ninguna línea individual de fuego puede alcanzar un alto nivel de energía antes de llegar a un cortafuego u otra línea de fuego. Es importante que al usar quemas de avance se asegure la línea base (línea de control de sotavento) con un fuego de retroceso y se permita que éste se extinga.

Para obtener un mayor control de la quema, la cual se realizó en un área de $15m^2$ aproximadamente y dividido en 4 parcelas. Se llevó a cabo una especie de zanjas al rededor del área delimitada donde se les adicione agua para evitar que el fuego se desplace a otras zonas de la finca.

Etap 3.2. TOMA DE MUESTRAS. Se tomó una muestra de suelo donde se realizó la quema controlada de 200grs, para realizar los siguientes análisis:

Análisis físicos: Textura, Densidad real y aparente y % de porosidad.

Análisis químicos: pH o reacción del suelo, C.I.C, P, Ca, K, N.

Etap 4. Determinar las características químicas de compost elaborado con la cereza de café

Para la elaboración del compost, se utilizó principalmente la pulpa o cereza de café, y la utilización de CAL que ayudo a controlar los niveles de pH y posibles malos olores. Una vez elaborado el compost, se tomaron respectivas muestras para analizar sus propiedades químicas.

Etap 4.1. RECOLECCION DE PULPA DE CAFÉ. La recolección de la pulpa se realizó en el municipio de Manaure cesar, en una finca productora de café. Es necesario tener una cantidad significativa de pulpa para los procedimientos a realizar, para la misma se tomó un ejemplo que indica que de cada 10 sacos de café



CO-SC-CER518726



oro se puede producir aproximadamente 20 sacos de abono de pulpa. Después del proceso de recolección se procedió a llevar la pulpa al punto en donde se elaboró el compost, se escogió un área de terreno plano, seco y libre de animales domésticos para realizar el respectivo montaje.

Etapas 4.2. ELABORACION DEL COMPOSTAJE

Etapas 4.2.1. COMPOSTERA. La cantidad en kilogramos (Kg) de compost que se utilizó para las pruebas siguientes, se llevaron dentro un tanque de plástico denominado compostera, el cual fue construido teniendo en cuenta las condiciones que se requieren para la obtención de una buena descomposición de la materia orgánica a base de cereza o pulpa de café. Antes de depositar la pulpa en la compostera fue necesario que la pulpa entrara con la menor cantidad de agua posible para que el proceso de descomposición sea más efectivo, en otro caso se diseño ala compostera una zona de escurrimiento para evacuar ciertos líquidos.

Etapas 4.2.2. VENTILACION. Para obtener un proceso de descomposición natural y apropiada fue necesario dejarle, a la pulpa de café para el proceso de descomposición, un espacio de ventilación para facilitar la aireación e ir degradando la materia orgánica a través de la vía aerobia si es posible.

Etapas 4.2.3. TEMPERTURA. La destrucción parcial de patógenos y descomposición de la materia orgánica, genero una liberación de calor de hasta 70°C aproximadamente.

Etapas 4.2.4. VOLTEO DE LA PULPA DE CAFÉ. Se volteó el compost cada 20 a 30 días hasta completar aproximadamente 120 días, es decir que a los 4 o 5 meses la pulpa de café ya se ha descompuesto y pude ser utilizada como abono. En este



CO-SC-CER518726



mismo proceso se le adicionó las cantidades respectivas de CAL para ir controlando los niveles de pH y posible propagación de malos olores.

Etapa 4.2.5. FIN DEL PROCESO. Transcurrido los días y el monitoreo realizado a la pulpa de café dentro de la compostera, se puede observar físicamente la forma que ha tomado la pulpa ya convertida en abono, debido a que se reconoce por su color oscuro y olor a tierra.

Etapa 4.2. TOMA DE MUESTRAS. Se tomó una muestra del compost de cereza de café para realizar los siguientes análisis:

Determinación de fósforo

Determinación de potasio

Determinación de calcio

Determinación de nitrógeno total

Determinación de carbono total

C.I.C (capacidad de intercambio catiónico)

Etapa 5. Estudiar la recuperación del suelo a los que se les han aplicado compost, con el suelo quemado sin tratamiento.

Evaluación de la técnica de recuperación más eficiente en el suelo a escala de campo.

Para la evaluación se clasificaron tres tratamientos con distintas dosis con respectivas concentraciones del compost, Se montaron cinco (5) parcelas con dimensión de 1,5 metros de ancho por 2.5 metros de largo incluyendo dos parcelas de testigo en la finca donde se realiza el proyecto con diferentes porcentajes de compost y dos muestras en blanco una con el suelo quemado y otra sin quemar,



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

luego se le plantó la especie del cultivo seleccionado (ají pimentón), que nos ayudó como indicador de la eficiencia que tuvo el compost en la recuperación del suelo.

De acuerdo a los montajes de recuperación, se evaluó la efectividad del compost en sus diferentes concentraciones para la recuperación de estos suelos.

Etapas 5.1. Primera parcela: Con una dimensión de 1.5 metros de ancho por 2.5 metros de largo, con tratamiento de 9500 kilogramos de compost /por hectárea, como la parcela tiene una dimensión de 3.8 m², se le aplicó a la parcela número 1, 3.6 kg /parcela

Etapas 5.2. Segunda parcela: Con una dimensión de 1.5 metros de ancho por 2.5 metros de largo, tratamiento de 11.000 kilogramos de compost /por hectárea, como la parcela tiene una dimensión de 3.8 m², se aplicaron en la parcela número 2, 4.2 kg/parcela.

Etapas 5.3. Tercera parcela: Con una dimensión de 1.5 metros de ancho por 2.5 metros de largo, tratamiento de 12.500 kilogramos de compost /por hectárea, como la parcela tiene una dimensión de 3.8 m², se aplicaron en la parcela número 2, 4.8kg/parcela.

Etapas 5.4. Cuarta parcela: Con una dimensión de 1.5 metros de ancho por 2.5 metros de largo, esta es el testigo que no llevo tratamiento, es del suelo quemado.

Etapas 5.5. Quinta parcela: Con una dimensión de 1.5 metros de ancho por 2.5 metros de largo, esta es el testigo numero dos (2) no llevo tratamiento, es del suelo original de la finca antes de la quema controlada.

Etapas 5.6. Establecimiento del cultivo planificado: se sembró el cultivo planificado en las cuatro (4) parcelas. Donde se estableció un cultivo de pimentón.



CO-SC-CER518726



Etapa 5.7. TOMA DE MUESTRAS. Se tomó una muestra por cada parcela donde se realizó el tratamiento y el establecimiento del cultivo, se tomaron 200grs de suelo, para realizar los siguientes análisis:

Análisis físicos: Textura, Densidad real y aparente y % de porosidad.

Análisis químicos: pH o reacción del suelo, C.I.C, P, Ca, K, N.

Etapa 5.8. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION

Se procesaron los resultados obtenidos en la investigación con gráficas, tablas ilustrativas para sacar conclusiones de la investigación para compararla con el objetivo general y demostrar que la investigación fue positiva utilizaremos un software estadístico de análisis de varianza (Anova).



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

6. RESULTADOS Y ANALISIS

6.1 TOMA DE MUESTRA DEL SUELO

En la toma de muestras de suelo para la realización de análisis físicos y químicos, se tuvo en cuenta una serie de pasos y técnicas apropiadas con el fin de evitar errores o hacer una práctica indebida que pudiera alterar la muestra para el análisis de laboratorio.

El muestreo se realizó según (libro de suelos Rubiano, 2019), teniendo presente que el éxito del análisis depende de un buen muestreo en el lote.

- Se dividió la finca de acuerdo a la topografía, teniendo en cuenta su pendiente y se procedió en lugar plano.
- Para la muestra se tuvo presente los siguientes aspectos para tener una muestra uniforme: textura (gradosos o arenosos), color, profundidad, drenaje, topografía.
- Se tomó la muestra en diferentes partes y en forma de zigzag
- La profundidad para las muestras fue aproximadamente 20cm y se tomaron varias muestras
- Con la ayuda de una pala se hizo el hueco en forma de V con un ancho de 15 a 20cm y profundidad de 20cm
- Se mezclaron las diferentes muestras realizando la técnica descrita y se procedió a tomar una sola muestra.

Luego de haber realizado todo el proceso de adecuación y selección del terreno se procedió a tomar tres muestras de suelo, cada una a una distancia aproximada de 3m formando un triángulo para el muestreo, completando así 200gr del suelo en su estado natural. Las muestras del suelo quemado se tomaron una vez el fuego se



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

disparará y fue extraída de un solo punto completando 200gr del suelo afectado por la quema y se le realizo los respectivos análisis.

Imagen 2: Toma de muestra



Imagen 3: Toma de muestra



Fuente: Autores, 2019

6.2. ANALISIS FISICO DEL SUELO

TEXTURAS DEL SUELO	
SUELO EN ESTADO NATURAL	FRANCO ARCILLOSO LIMOSO
SUELO AFECTADO POR QUEMA	FRANCO LIMOSO

Fuentes: Autores, 2019

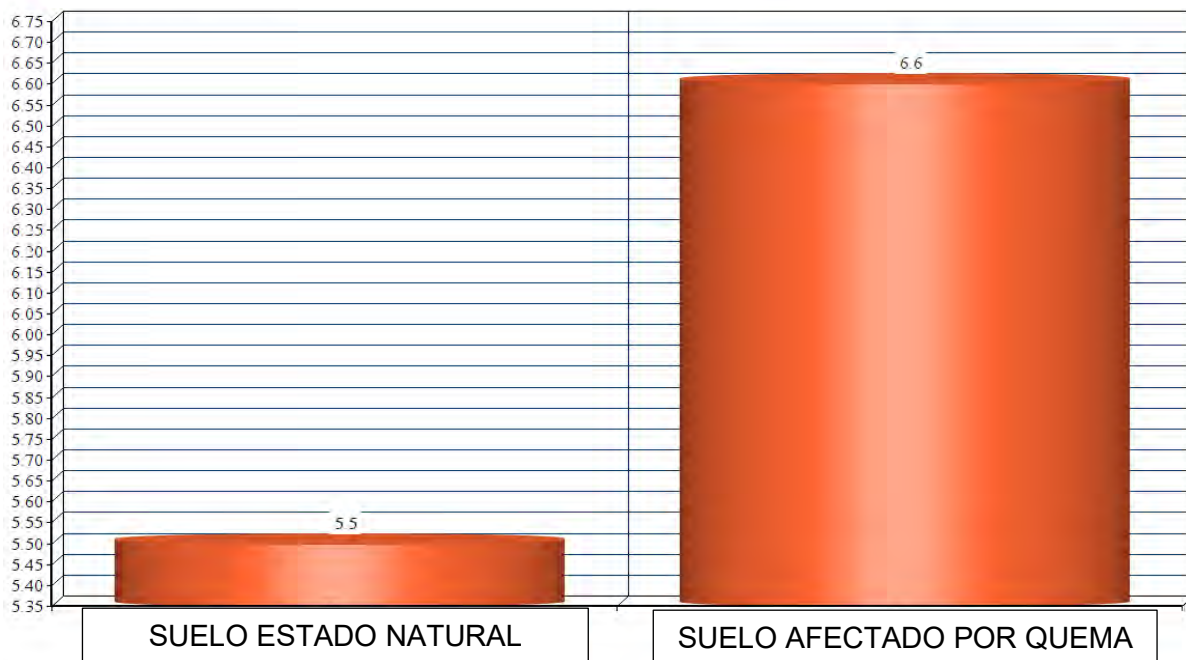
El tipo de suelo presente en la Finca monte rubio en el municipio de Astrea Cesar y teniendo en cuenta su textura, es Franco arcilloso limoso. Según (Beyers *et al.*, 2008). Los componentes de la textura del suelo (arena, limo y arcilla) presentan

altos umbrales de temperatura y por lo general el fuego no los afecta, a menos que se sometan a altas temperaturas en la superficie del suelo (horizonte A).

Teniendo en cuenta los análisis arrojados en laboratorio se observa que el tipo de textura en el suelo, sufrió modificación cuando el suelo fue sometido a una quema en su estado natural, esto debido a que la textura más sensible es la arcilla y esta comenzó a modificarse cuando se registraron intensidades de aproximadamente 400°C de temperatura generada por el fuego.

6.3. ANALISIS QUIMICO DEL SUELO

● **GRAFICA 1: RESULTADO ANÁLISIS DE pH**



Fuente: Autores, 2019

Análisis	Suelo Estado Natural	Suelo Afectado Por Quema	Diferencia
pH	5.5	6.6	1.1

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de pH hubo un aumento. El suelo en su estado natural se encontraba moderadamente ácido y una vez afectado por la quema, su potencial de hidrogeno cambio a neutro. El rango óptimo de pH de un suelo oscila entre 6.6 a 7.3. El pH del suelo es una de las propiedades químicas que se ven afectadas tras el paso del fuego. Su valor se incrementa debido a las cenizas procedentes del incendio, las cuales contienen gran cantidad de carbonato potásico (CO_3K_2), que, por proceder de un ácido débil y una base fuerte, presenta reacción básica cuando se hidroliza, y por consiguiente se incrementa el pH. Sin embargo, cuando los efectos del lavado y arrastre de cationes por las lluvias son muy intensos, a los incrementos iniciales de pH tras el fuego pueden seguir fuertes descensos que logran alcanzar valores inferiores a los registrados antes del incendio o la quema (Martínez et al., 1991). Citado por Rosero J & Osorio I, en su Artículo, publicado en la Revista Científica de la Facultad de Ingeniería, Cuaderno Activa. (2013).

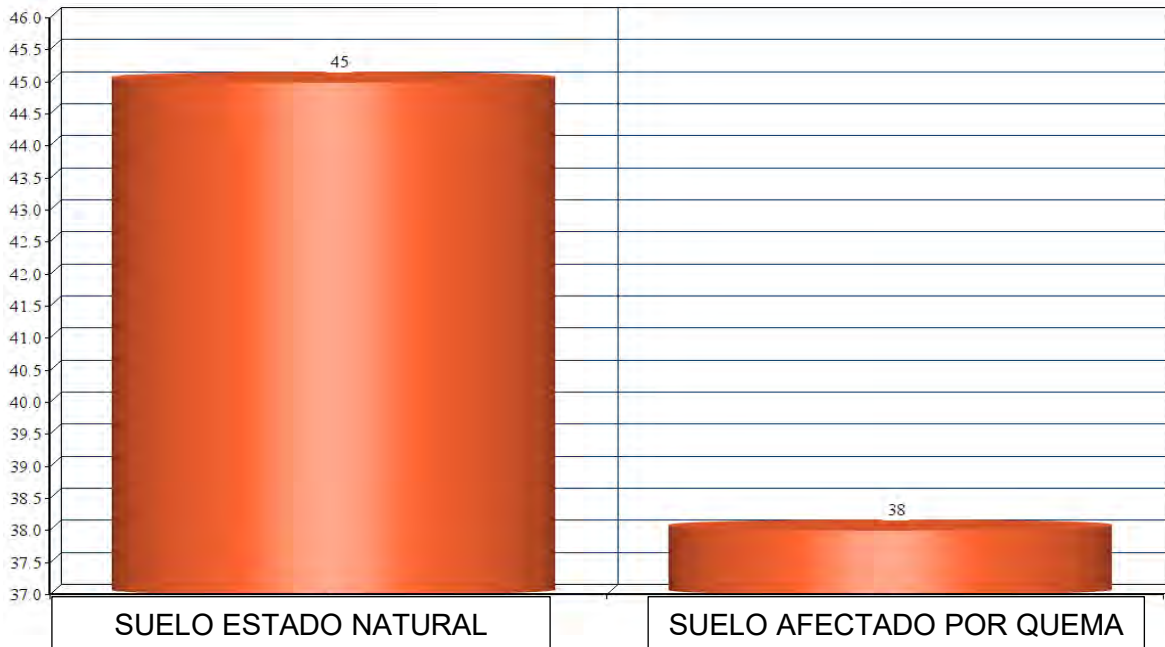


CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

● **GRAFICA 4: RESULTADO ANÁLISIS DE CIC (meq/100g)**



Fuente: Autores, 2019

Análisis	Suelo Estado Natural	Suelo Afectado Por Quema	Diferencia
CIC (meq/100g)	45	38	7

Su Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) disminuyo por el aumento de la temperatura ocasionando la pérdida de arcilla en su textura, ya que la arcilla con tiene propiedades de alta capacidad de intercambio catiónico, siendo este favorable para la retención e intercambios de nutrientes, pero aun así ambos suelos presentan altos contenidos de CIC, teniendo encuentra que los rangos se encuentran de la siguiente manera: Alto > 20 meq/100g, Medio 10- 20 meq/100g y Bajo < 10



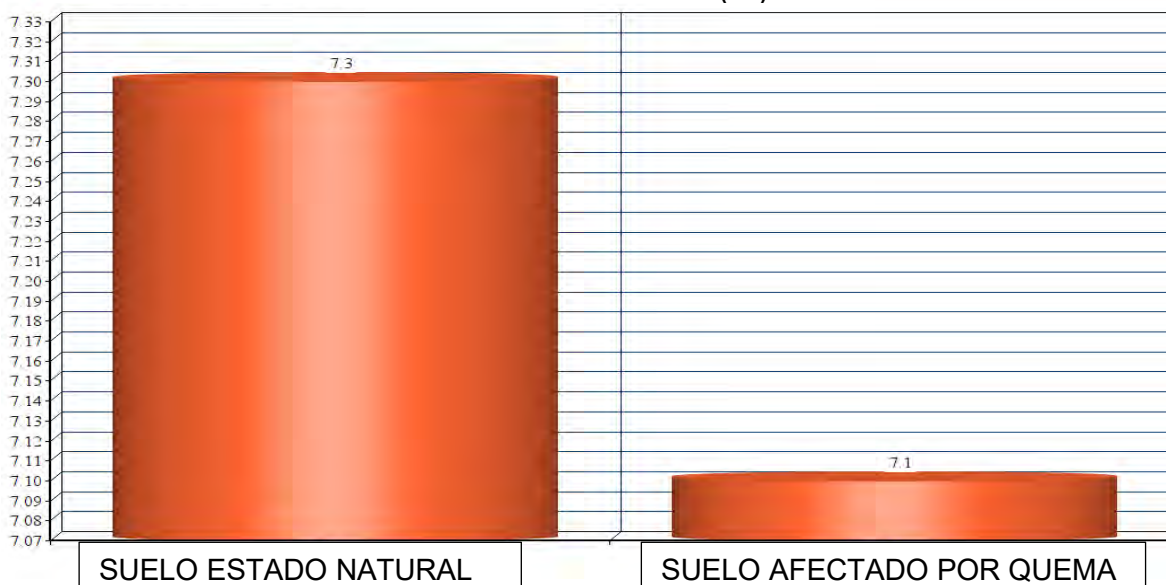
CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

meq/100g. Al bajar la capacidad de intercambio catiónico se disminuye así la capacidad del suelo de retener nutrientes.

● **GRAFICA 7: RESULTADO ANALISIS DE M.O (%)**



Fuente: Autores, 2019

Análisis	Suelo Estado Natural	Suelo Afectado Por Quema	Diferencia
M.O (%)	7.3	7.1	0.2

El porcentaje de pérdida de materia orgánica no vario mucho, esto es ocasionado por intensidad de temperatura emanada por el fuego, se pude decir que la temperatura de la quema no superó los 450°C para que las pérdidas sean mayor,

(Martínez et al., 1991). Citado por Rosero J & Osorio I, en su Artículo, publicado en la Revista Científica de la Facultad de Ingeniería, Cuaderno Activa. (2013).

Sin embargo, se considera que el suelo tiene un alto porcentaje de materia orgánica, dado que los rangos establecidos en porcentaje para materia orgánica en clima cálido son: Menor de 2, Bajo; de 2-4, Medio y mayor de 4, Alto.

GRAFICA 10: RESULTADO DE ANÁLISIS C. Org



Fuente: Autores, 2019

Análisis	Suelo Estado Natural	Suelo Afectado Por Quema	Diferencia
C.Org (%)	4.2	4.1	0.1



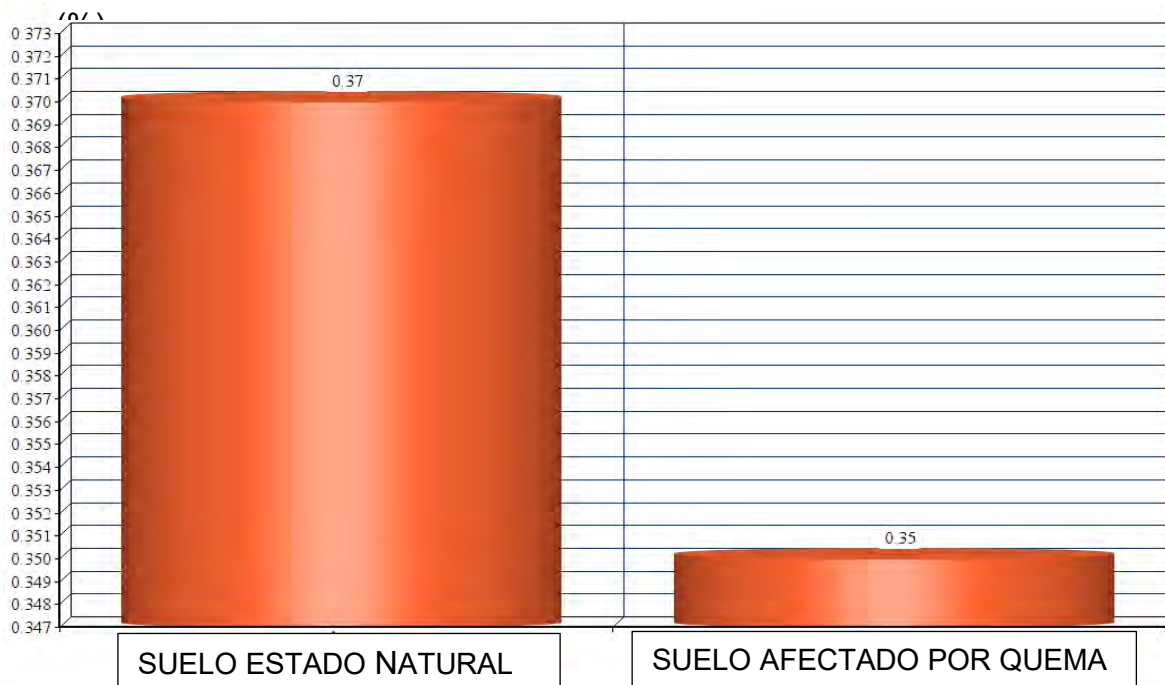
CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

En las observaciones no se evidencia una diferencia significativa para el porcentaje de carbono orgánico después de la quema, en ambos análisis el porcentaje de C. Org son considerados altos. Teniendo en cuenta que para la región caribe el contenido de carbono orgánico esta Entre 0.5 y 1%. (Jaramillo, 2002).

● **GRAFICA 13: RESULTADO ANÁLISIS DE N**



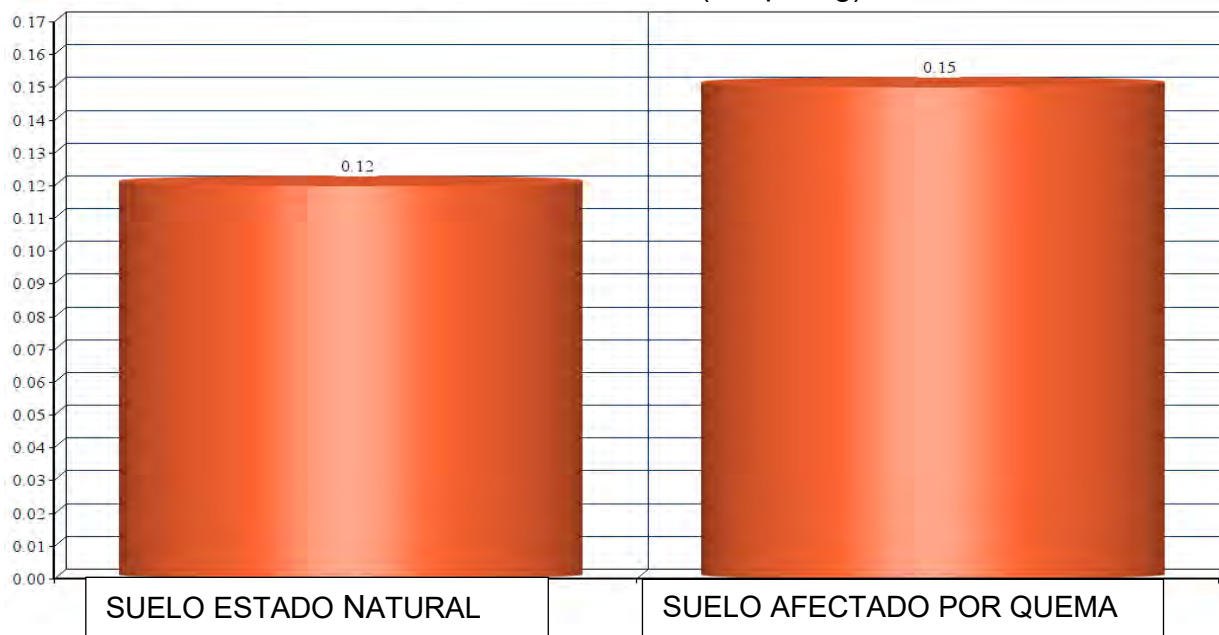
Fuente: Autores, 2019

Análisis	Suelo Estado Natural	Suelo Afectado Por Quema	Diferencia
N. Total (%)	0.37	0.35	0.02
Relación C/N	11.3	11.7	0.4

Los porcentajes de Nitrógeno total en el suelo sufrieron una alteración poco significativa en el suelo afectado por la quema, sin embargo, estos presentan un porcentaje alto según la interpretación de resultados. Esto si se tiene en cuenta que el porcentaje de N. Total para climas cálidos tiene los siguientes rangos: Menor de 0.10, Bajo; 0.10-0.20, Medio y Mayor de 0.20, Alto.

La relación C/N es media, donde indica que la mineralización es normal en ese suelo. (Rubiano 2019). La quema produce una destrucción de la materia orgánica, pero la convierte en un abono momentáneo rico en nitrógeno y carbono orgánico.

● **GRAFICA 16: RESULTADO ANÁLISIS DE K (meq/100g)**



Fuente: Autores, 2019



CO-SC-CER518726

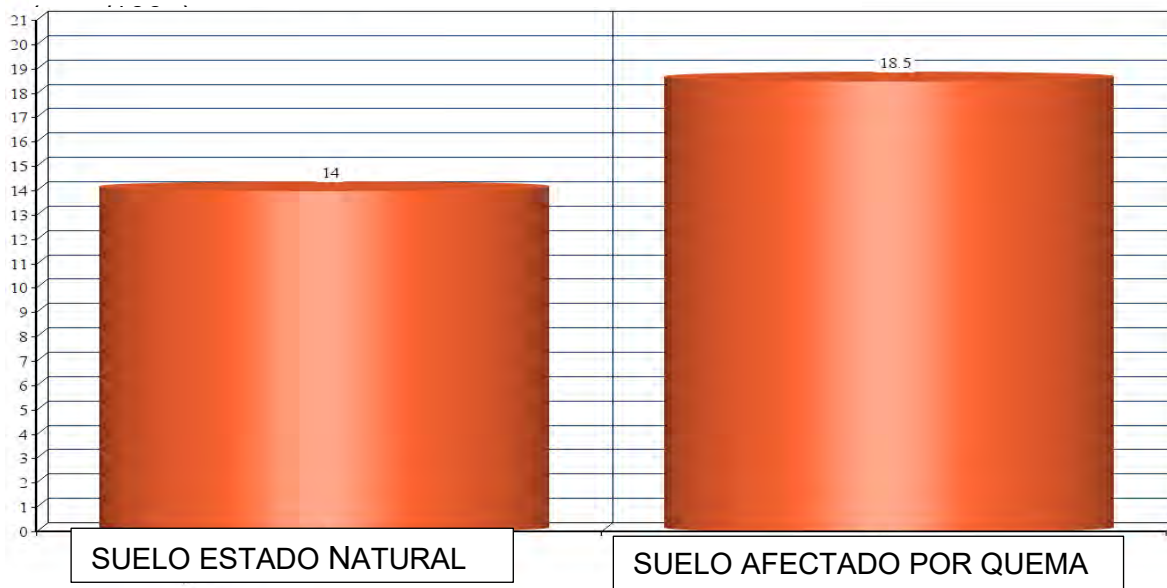


www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

Análisis	Suelo Estado Natural	Suelo Afectado Por Quema	Diferencia
K Soluble (meq/100g)	0.12	0.15	0.03

El aumento de Potasio soluble como se evidencia en el análisis es debido al aporte de ceniza y a la disminución de la CIC provocado por la quema. Aunque el incremento del potasio desaparece rápidamente, y a los cuatro meses de ocurrido el fuego sus valores son similares a los iniciales, y a los dos años pueden llegar a ser inferiores. Cuaderno Activa. (2013). Sin embargo, en la interpretación de resultados de análisis dice que ambas muestras, presentan bajos contenidos nutricionales de K Soluble.

● **GRAFICA 19: RESULTADO ANÁLISIS DE Ca**



Fuente: Autores, 2019



CO-SC-CER518726

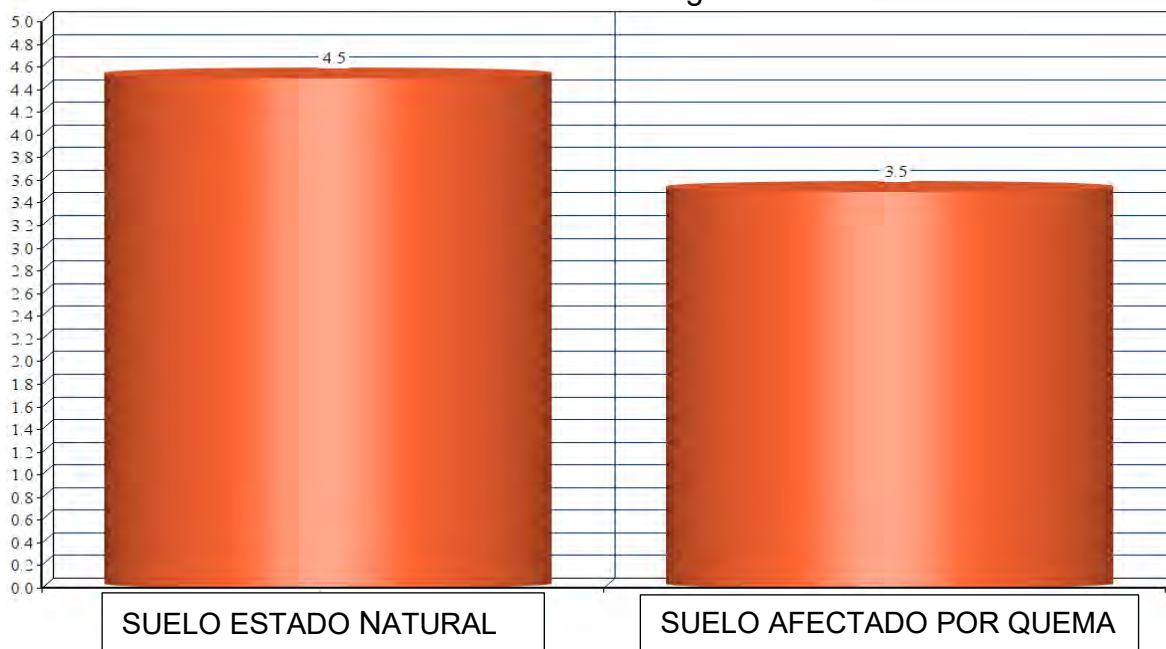


www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

Análisis	Suelo Estado Natural	Suelo Afectado Por Quema	Diferencia
Ca (meq/100g)	14	18.5	4.5

El aumento del Calcio en el suelo quemado también es causado por el aporte de ceniza y la disminución de CIC. Aun cuando dicho incremento es de forma transitoria, ya que a mediano y largo plazo el suelo se vuelve a empobrecer por las pérdidas que tiene el lavado, lo que disminuye la capacidad del complejo adsorbente para retener nutrientes. Cuaderno Activa. (2013). No obstante, el resultado arrojado por el análisis de ambas muestras nos dice que este nutriente se encuentra con alto contenido de Ca.

• **GRAFICA 22: RESULTADO ANÁLISIS DE Mg**



Fuente: Autores, 2019



CO-SC-CER518726

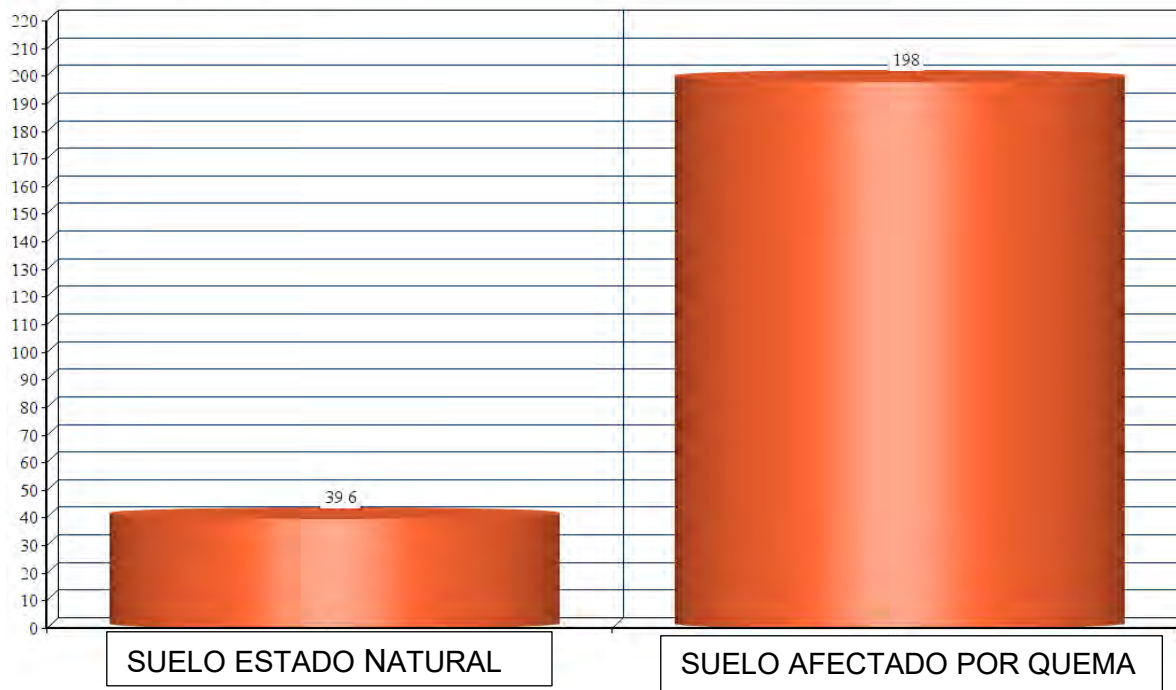


www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

Análisis	Suelo Estado Natural	Suelo Afectado Por Quema	Diferencia
Mg (meq/100g)	4.5	3.5	1.0

Este nutriente presenta una leve pérdida, si bien es cierto que hay una disminución, cabe resaltar que su contenido nutricional de Magnesio presenta resultados bastantes altos según los resultados arrojados de ambas muestras analizadas.

● **GRAFICA 25: RESULTADO ANÁLISIS DE P**



Fuente: Autores, 2019

Análisis	Suelo Estado Natural	Suelo Afectado Por Quema	Diferencia
P. Así (ppm)	39.6	198	158.4

El Fosforo es uno de los elementos que más sufrió alteraciones a causa de la quema, debido al gran aporte de cenizas al suelo, (Cuaderno Activa. 2013).

De modo que el P Asimilable, según los resultados obtenidos de las muestras analizadas, experimenta un incremento sustancial de 5 veces de su valor inicial, en efecto a esto, el suelo que se encontraba en condiciones ideales de P Así, para tal efecto si se tiene en cuenta que las concentraciones optimas están entre los rangos de 30-50 ppm y que mayor a 50 ppm ya se consideran altos y menor de 30 ppm se consideran bajos. Por lo tanto, el suelo afectado por la quema, presenta concentración demasiado alta de Fosforo Asimilable, lo que conlleva a la dificultad de absorción de otros nutrientes como Mg, Fe, Zn y entre otros.

Lo anteriormente expuesto corrobora lo dicho por, (Martínez et al. 1991), Citado por Rosero J & Osorio I, en su Artículo, publicado en la Revista Científica de la Facultad de Ingeniería, (Cuaderno Activa.2013). Diciendo al respecto, que el Fosforo incrementa su valor entre 5 a 10 veces su valor inicial y que este nutriente se mantiene un aumento durante más tiempo, ya que a los dos años aún mantiene un 40% del incremento inicial.

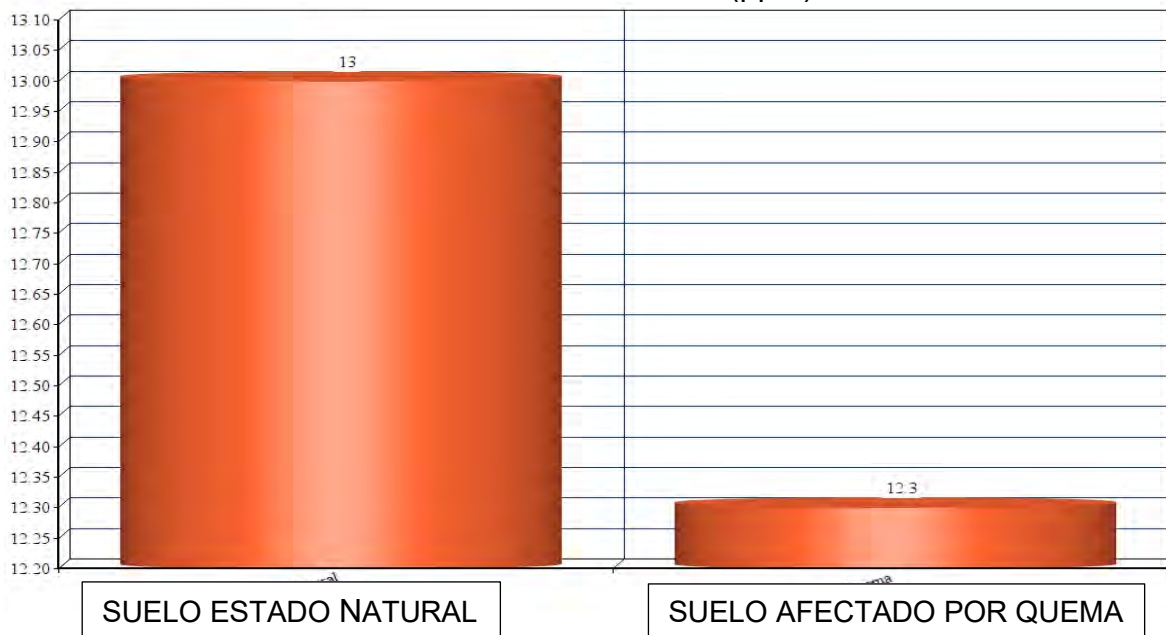


CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

• **GRAFICA 28: RESULTADO ANÁLISIS DE Mn (ppm)**



Fuente: Autores, 2019

Análisis	Suelo Estado Natural	Suelo Afectado Por Quema	Diferencia
Mn (ppm)	13	12.3	0.7

El manganeso es un micro elemento que se vio levemente afectado por la quema debido a la intensidad de calor emanada por fuego hacia el suelo. Sin embargo, ambas muestras analizadas presentan altos contenido de manganeso.

Cabe resaltar que, el Mn, en altas concentraciones en el suelo, puede ser, fisiológicamente, tóxico para la vegetación. (Kabata-Pendias & Pendias, 1984).

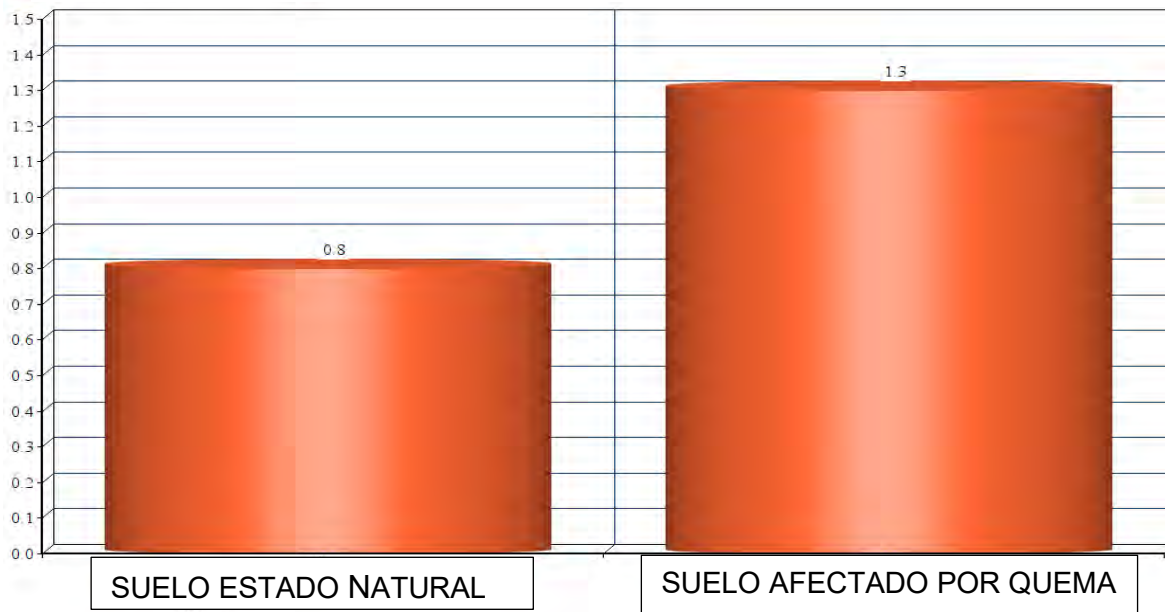


CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

● **GRAFICA 31: RESULTADO ANÁLISIS DE Cu (ppm)**



Fuente: Autores, 2019

Análisis	Suelo Estado Natural	Suelo Afectado Por Quema	Diferencia
Cu (ppm)	0.8	1.3	0.5

El contenido de cobre en el suelo esta principalmente absorbido a la materia orgánica (M.O), a los óxidos de hierro y manganeso como también fijada a la red cristalino que es la base directa de estructural de silicatos en el suelo. Su amento se debe al aporte de cenizas al suelo.

El contenido de cobre en suelos agrícolas varían entre (10 – 200ppm), pero la disponibilidad de cobre fluctúa ligeramente según el pH del suelo, este disminuye cuando el pH excede de 7.0 y mejora cuando su valor es inferior a 6.0, (INFOAGRO,

www.unicesar.edu.co

ambiental@unicesar.edu.co

Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar, Colombia

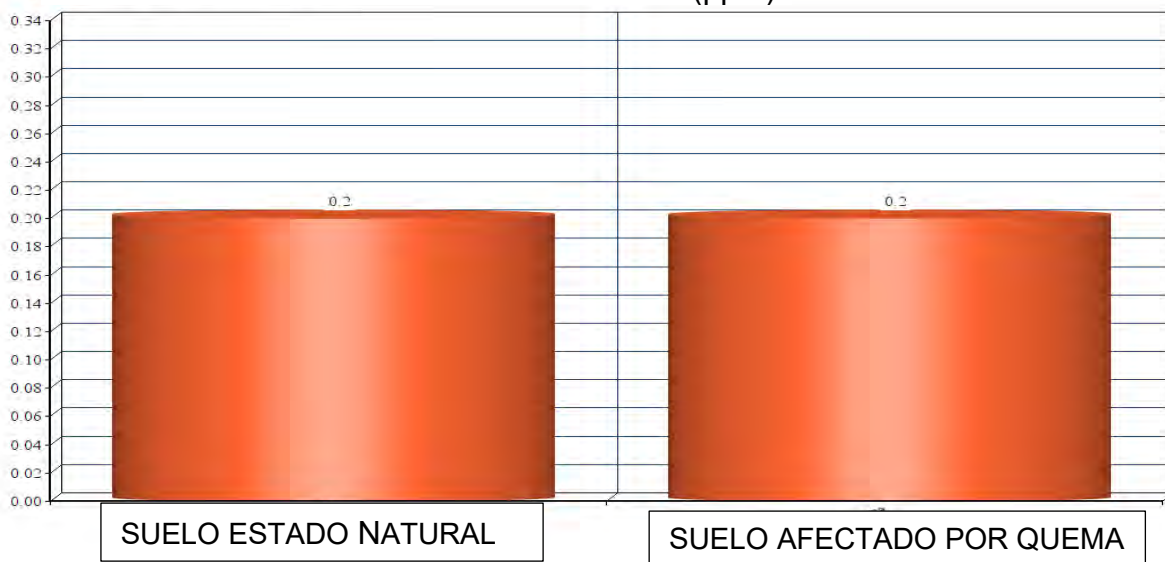


CO-SC-CER518726



2019). En el análisis presente se observa una variación o aumento del contenido de cobre en el suelo, esto se debe a la intensidad de la quema que el suelo sufrió. Sin embargo, haciendo una comparación con los valores de Cu permisibles se observa que en el suelo analizado los niveles son inferiores ya que estos suelos no son de alta capacidad agrícola.

• **GRAFICA 34: RESULTADO ANÁLISIS DE B (ppm)**



Fuente: Autores, 2019

Análisis	Suelo Estado Natural	Suelo Afectado Por Quema	Diferencia
B (ppm)	0.20	0.20	0.0

El boro hace parte de los elementos esenciales para el suelo y por ende para el crecimiento de las plantas. El B asimilable o también llamado ácido bórico, representa una pequeña cantidad del respecto al boro total, los niveles o contenido se encuentran entre (0.1 - 3ppm), INFOAGRO, 2019).



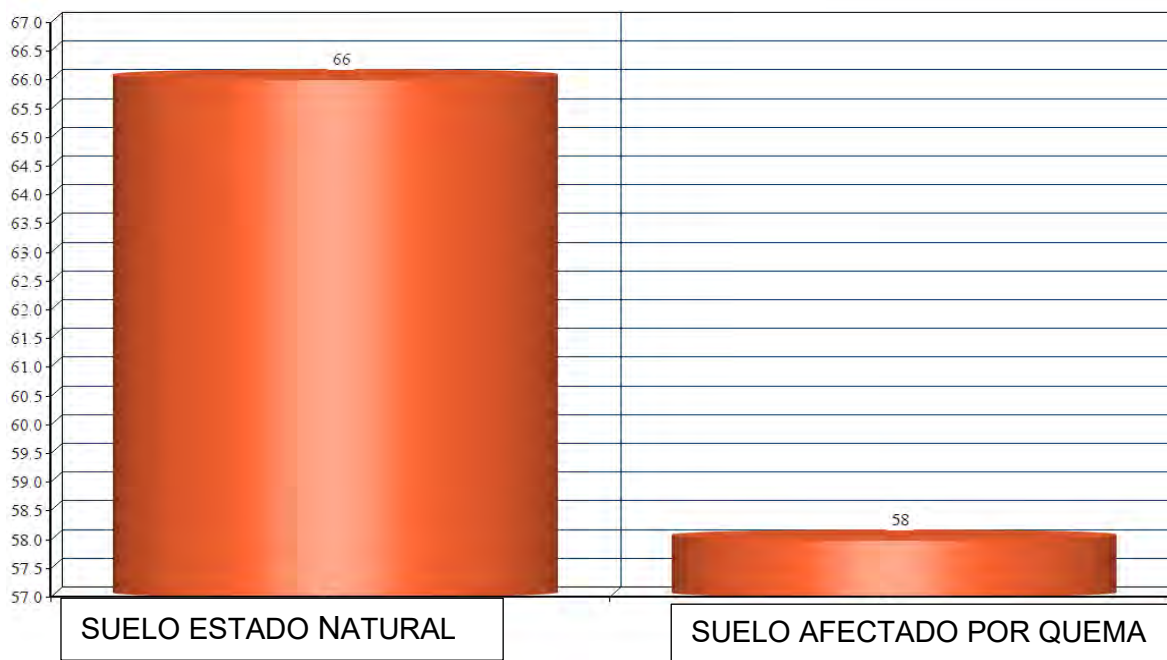
CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

Según el análisis realizado al suelo quemado y natural, se puede observar que el contenido de boro no sufrió ningún cambio en los diferentes estados del suelo permaneciendo dentro de los niveles permisibles de B Asimilable.

● **GRAFICA 37: RESULTADO ANÁLISIS DE Fe**



Fuente: Autores, 2019

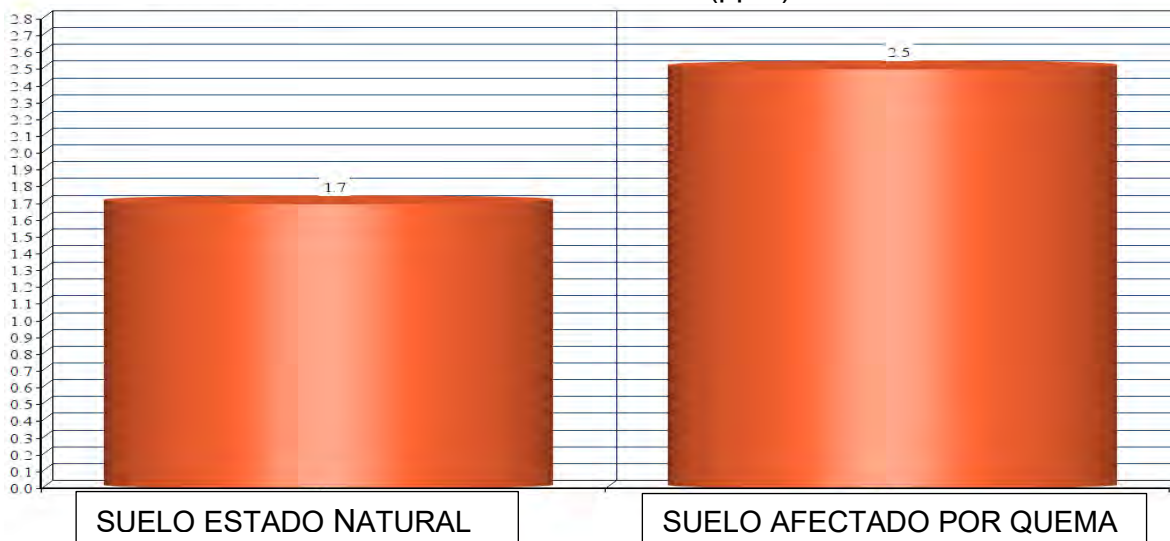
Análisis	Suelo Estado Natural	Suelo Afectado Por Quema	Diferencia
Fe (ppm)	66	58	8

El hierro (Fe) hace parte Los micronutrientes que se presenta en cantidades muy pequeñas en los suelos, según (Molina y Meléndez, 2002) la concentración o niveles de este componente es: menor de 5 se considera baja, rangos de 5 a 10 medio, de

10 a 50 óptimo, y mayor a 50 ppm es una concentración alta. La mayoría de los suelos presenta contenidos adecuados de este elemento y su concentración en la mayoría de sus casos es alta en muchos suelos ácidos y de origen volcánico.

Teniendo en cuenta el análisis, se observó una diferencia 0.8 ppm siendo esta no muy alta en la comparación de ambos suelos analizados. Ambos presentaron concentraciones altas esto debido a la disminución de la materia orgánica y volatilización de hidróxidos de Fe por parte del fuego liberando así gran parte de Fe.

• **GRAFICA 40: RESULTADO ANÁLISIS DE Zn (ppm)**



Fuente: Autores, 2019

Análisis	Suelo Estado Natural	Suelo Afectado Por Quema	Diferencia
Zn (ppm)	1.7	2.50	0.8

Uno de los micronutrientes que resulta más confiable en un análisis de suelo es el zinc (Zn), (Molina y Meléndez, 2002) en su estudio de fertilidad infiere que el micronutriente se presenta en cantidades muy pequeñas en los suelos y los procedimientos de análisis con frecuencia no son tan efectivos, para determinar su contenido disponible real. Los niveles de concentración de este componente son: menor a 2 baja, 2 a 3 medio, 3 a 10 óptimo, y mayor a 10 ppm su concentración es alta.

Con base al análisis obtenido en laboratorio se infiere que la concentración de Zn en el suelo natural como el suelo quemado, presenta una diferencia de 0.8ppm considerándose como mínima. En el suelo natural la concentración es baja y en el suelo quemado la concentración es media, esto se debe a que este micronutriente se presenta con deficiencia en los suelos del país.

6.4. ANALISIS P, Ca y K DEL SUELO NATURAL Y QUEMADO

En la presente tabla se muestran los resultados del análisis arrojado en laboratorio del suelo natural y quemado, de los componentes que son de interés en la presente investigación dando a conocer como estos fueron afectados o modificados cuando se lleva a cabo una quema, en este caso una quema controlada simulando los efectos que un incendio le genera al suelo y dando a conocer el grado de afectación para su respectiva recuperación.

Tabla 5. Comparación de P, Ca y K

Análisis	Suelo Estado Natural	Suelo Afectado Por Quema	Diferencia
P. Así (ppm)	39.6	198	158.4
Ca (meq/100g)	14	18.5	4.5



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

K Soluble (meq/100g)	0.12	0.15	0.03
-------------------------	------	------	------

Fuente: Autores, 2019

6.5. REALIZACION DE LA QUEMA CONTROLADA EN EL SUELO

En el ejercicio para la quema controlada, se tuvieron en cuenta una serie de pautas y técnicas apropiadas que ayudaron a la realización de buenas prácticas y así evitar accidentes y/o un mal proceso en la actividad. Se tuvo en cuenta el decreto 4296 del 2004, que habla sobre los procedimientos y requisitos pertinentes para la realización de quemas controladas en áreas abiertas.

La quema controlada en el terreno, fue superficial, la cual se propagó en un área de $15m^2$ aproximadamente y su ignición se llevó a cabo con combustibles orgánicos secos. Teniendo en cuenta la técnica quema de avance según (USDA 1989) que consistió en iniciar el fuego en dirección a los vientos prevalecientes, de modo que el fuego se desplace en la misma dirección que el viento. Como esta técnica de ignición es en dirección al viento se realizaron zanjas al rededor del área delimitada. Donde se le adicionó agua para evitar que el fuego se desplazara a otras zonas de la finca.



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

Imagen 3: Quema controlada



Imagen 2: Quema controlada



Fuente: Autores, 2019

6.5.1. AFECTACIÓN DE LA CAPA VEGETAL POR ACCION DE LA QUEMA

A medida que se fue propagando el fuego en el terreno, lo primero que sufrió afectación fue la cubierta del suelo conformada por capa vegetal, la cual es muy importante en los procesos de regulaciones térmicas en el suelo por acción de rayos solares, evita la erosión en el suelo por acción de las gotas de lluvia y fuertes vientos. La falta de vegetación también acelera la velocidad del agua producto de la precipitación en superficie, lo que conlleva a su vez una dificultad en la infiltración, ya que el agua pasa demasiado rápido por la superficie del suelo.

Adicionalmente, según González (2009), los aceites destilados y aromáticos de los árboles y arbustos crean una capa hidrofóbica sobre el suelo que disminuye la infiltración de las aguas a través de él, porque repele el agua y no permite su absorción, lo cual aumenta la escorrentía, la erosión y el transporte de sedimentos.

Imagen 4: Antes de la quema



Imagen 5: Después de la quema



Fuente: Autores, 2019

6.5.2. TEMPERATURA REGISTRADA EN LA QUEMA

La temperatura al comienzo de la ignición del fuego no parecía afectar de manera considerable el suelo, pero a medida que transcurría el tiempo y el viento se hacían más fuerte, la intensidad del fuego se fue propagando y ardiendo de manera ascendente, alcanzando temperaturas aproximadas de 400 °C. observaciones realizadas por (Martínez et al., 1991) infiere que durante un fuego intenso se pueden alcanzar temperaturas de 1200 a 1400 °C dentro de la masa en ignición; en la superficie del suelo se puede llegar a 1000 °C en incendios de bosques de coníferas, a 500-700 °C en incendios de matorrales y a 200 °C en incendios de pastizales.

Se tuvo en cuenta la información recopilada para identificar el tipo de incendio según las condiciones de terreno donde se llevó acabo esta fase del proyecto, obteniendo como resultado que fue incendio en pastizales ya que las temperaturas registradas fluctuaban entre 200 y 400 °C.

6.6. ELABORACIÓN DEL COMPOST

Para la realización del compost, se tuvieron en cuenta tres tipos de materia orgánica, las cuales fueron estiércol de vaca, residuos vegetales (verduras) y cereza de café como su componente principal, para la elaboración de este compost.

Tabla 6. Cantidad de materia orgánica utilizada

Materia orgánica	Cantidad en Kg
Estiércol de vaca	23
Resto vegetales (verduras)	18
Cereza de café	47
Total	88

Fuente: Autores, 2019

El compost empezó su proceso de elaboración el día 13 de marzo del 2019, teniendo presente los elementos descritos anteriormente, fue necesario realizar el pesaje de los mismos para saber las cantidades de cada uno y tener al final la cantidad abono orgánico total para la recuperación del suelo quemado. Se empleó la técnica de compostera descrita en la metodología con el fin de tener un manejo de los materiales y no desperdiciar ciertos residuos.

6.6.1. HERRAMIENTAS UTILIZADAS

- **pala:** para agregar material, voltear y sacar el compost terminado
- **machetes:** para conseguir un tamaño de partícula adecuado
- **Valdés:** para mantener una correcta humedad en el material en compostaje



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

- **Peso:** para obtener la cantidad de materia orgánica en (Kg)
- **Metro:** dimensiones de las capas
- **Compostera:** para descomponían de la materia orgánica

6.6.2. CAPAS DE MATERIA ORGANICA EN LA COMPOSTERA

Las capas de materia orgánica se ubicaron de acuerdo a las cantidades de cada elemento con la finalidad de ir conformando las proporciones adecuadas y resaltar la cereza de café como principal entre dichas capas y se ubicaron de la siguiente manera.

- Capa 1, estiércol de 10cm
- Capa 2, verduras de 15cm
- Capa 3, cereza de café de 25cm
- Capa 4, estiércol de 10cm

Luego de haber realizado la selección de capas para conformar el compost se procedió a voltear cada 3 semanas durante 4 meses, en la primera semana se le suministro 20litros de agua y el transcurso se rociaba con un poco de agua cada mes para mantener la humedad idónea.

6.6.3. ETAPAS DEL COMPOSTAJE.

- **Preparación.** Se utilizaron residuos orgánicos excedentes de verduras, como son cáscaras o partes de frutas, Estos residuos para ser llevados a compostaje se deben preparar para controlar su humedad (exceso de agua), para lograr una relación balanceada de Carbono-Nitrógeno (C/N) y tener una textura y tamaños adecuados. El tamaño de las partes de residuos a compostera estuvo de 1 a 10 cm.



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

- **Descomposición Mesófila.** Al inicio del proceso, los residuos preparados, estaban a temperatura ambiente (menor de 40°C), por lo cual los microorganismos llamados mesófilos se multiplican rápidamente, hay gran actividad metabólica (transformación de algunos compuestos como azúcares y aminoácidos), la temperatura comienza a subir y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH. (Rafael 2010).
- **Descomposición Termófila.** En esta fase, la temperatura es superior a 40° y sube hasta 60°-65°C. Microorganismos llamados termófilos, transforman el Nitrógeno (N) en Amoníaco (NH₃), por lo cual el pH se hace alcalino. A los 60°-65°C, estos hongos termófilos desaparecen y dan paso a las bacterias esporígenas y actinomicetos, que tienen capacidad para descomponer sustancias orgánicas como las ceras, las proteínas y hemicelulosas. (Rafael 2010).
- **Descomposición Mesófila de Enfriamiento.** La temperatura comenzó a descender por debajo de 60°C, y reaparecen los hongos termófilos que re invaden la parte superior del residuo (mantillo) y lograr descomponer compuestos, como la celulosa. Al bajar de 40°C, los mesófilos también reinician su actividad y el pH del residuo, desciende ligeramente. (Rafael 2010).
- **Maduración.** Se fue dando entre los tiempos de 1 a 2 meses en promedio y se realizó exponiendo el compost a temperatura ambiente y protegido de la lluvia. Durante este período, debió generar reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus; descendiendo el consumo de oxígeno y la fitotoxicidad del compost debe estar controlada. (Rafael 2010).
- **Aireación:** Con el fin de conseguir un compostaje de buenas condiciones y que se obtenga de manera rápida, y a la vez evitar malos olores, fue imprescindible



CO-SC-CER518726



asegurar la presencia de oxígeno, necesario para la evolución del proceso de descomposición aeróbico. El oxígeno ha de ser suficiente para mantener la actividad microbiana y en ningún caso debe llegarse a condiciones anaerobias ya que generaría una caída en el rendimiento y se producirían malos olores. Es aconsejable mezclar cada 2 o 3 días, el residuo para asegurar que la transformación se dé en condiciones aeróbicas, de tal forma que el aire llegue al centro de la pila. Levantar el sistema del piso, también es muy beneficioso, ya que, de esta forma, el aire penetra la masa de residuos y permite la reducción de los volteos. Al principio de la actividad de los microorganismos aerobios, la concentración de oxígeno (O_2) en los espacios porosos debió ser de aproximadamente del 15 al 20% (similar a la composición normal del aire), y la concentración del dióxido de carbono (CO_2) debió variar del 0,5 al 5%. Mientras progresa la actividad biológica, la concentración de O_2 . (Yu et al, 2008).

- **Contenido de humedad:** en el proceso de compostaje siempre se mantuvo unas condiciones óptimas, de acuerdos establecidos que van de 40% - 60% según (Finstein, 1985).

Imagen 6: Condiciones de humedad



Fuente: Tomada de internet, EarthGreen SAC, 2019

- **Temperatura:** El apilamiento de la materia hace que se incremente la temperatura en toda la masa, brindando las condiciones óptimas para la actividad microbiana. En el compost realizado se manejaron temperaturas entre los rangos de 40 y 60 °C.
- **pH:** En el proceso de descomponían de la materia el pH es un buen indicador en sus procesos de maduración. durante las primeras etapas del proceso este puede llegar a 5,0 debido a la formación de CO_2 y ácidos orgánicos, y aumentara 9 debido como consecuencia de la liberación de CO_2 , la aireación de la biomasa y la producción de amoníaco de la degradación de las proteínas (Díaz, 2010). Las primeras muestras del compost donde se analizó el pH arrojaron resultados de niveles altos lo cual fue necesario bajar los niveles del mismo con adición de CAL.

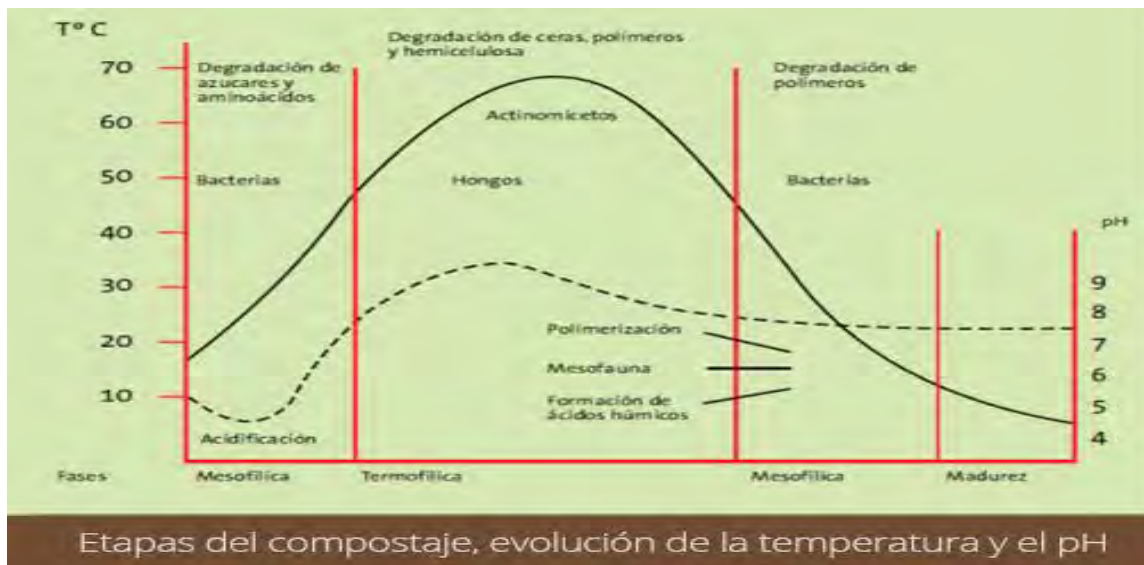


CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

Imagen 7: Diferentes etapas del proceso y las variaciones típicas de la temperatura durante la transformación y estabilización de la materia orgánica biodegradable en condiciones aeróbicas, en función del tiempo.



Fuente: Tomada de internet, EarthGreen SAC, 2019.

- **Fase final:** Transcurrido los días y el monitoreo realizado a la pulpa de café y los otros materiales orgánicos dentro de la compostera, se puede observar físicamente el proceso de degradación de la materia prima ya convertida en abono, debido a que se reconoce por su color oscuro y olor a tierra.

6.7. ANÁLISIS FINAL DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

6.7.1. RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS

Los resultados arrojados según la muestra analizada en el compost en base húmeda, las cuales fueron tomadas a los 4 meses de proceso de preparación, están dados en la tabla 7. Y en la tabla 8 se muestra la comparación de algunos parámetros de acuerdo con la NTC 5167.



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

Tabla 7. Resultado de análisis del compost

PARAMETROS	TRATAMIENTO 1
P.H	7.3
Humedad	30 %
Nitrógeno Total	0.80 %
C. Orgánico Oxidable	7.5%
Relación C/N	9.4
Densidad	0.80 g/cm ³
Conductividad Eléctrica C.E	15 d/Sm
Capacidad De Intercambio Catiónico CIC	28 meq/100 g
Cenizas	40%
Perdidas Por Volatilización	20%
Retención de Humedad	100%
Fosforo (P)	0.86%
Potasio (K)	2.0%
Calcio (CaO)	3.2%
Magnesio (Mgo)	1.0%
Azufre(S)	0.32%
Hierro (Fe)	0.45%
Manganeso (Mn)	216 ppm
Cobre (Cu)	19.0 ppm
Zinc (Zn)	88.0 ppm
Boro (B)	37.0 ppm

Fuente: Autores, 2019



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

Tabla 8. Comparación de los parámetros del compost vs parámetros sugeridos por la norma técnica colombiana NTC 5167.

Parámetros	Tratamiento 1	Parámetros establecido (NTC 5167)	Cumple
P.H	7.3	4-9	Si
Humedad	30 %	Máximo 35%	Si
Nitrógeno Total	0.80 %	<1.0%	Si
C. Orgánico Oxidable	15.5%	Mínimo 15%	
Relación C/N	9.4	Máximo 20	Si
Densidad	0.60 g/cm ³	Máximo 0.6 g/cm ³	Si
Conductividad Eléctrica C.E	15 d/Sm		
Capacidad De Intercambio Catiónico CIC	38 meq/100 g	Mínimo 30 meq/100 g	Si
Cenizas	40%	Máximo 60%	Si
Perdidas Por Volatilización	20%		
Retención de Humedad	100%		
Fosforo (P)	0.86%	<1.0%	Si
Potasio (K)	2.0%	<1.0%	No
Calcio (CaO)	3.2%		
Magnesio (Mgo)	1.0%		
Azufre(S)	0.32%		
Hierro (Fe)	0.45%		
Manganeso (Mn)	216 ppm		
Cobre (Cu)	19.0 ppm		
Zinc (Zn)	88.0 ppm		
Boro (B)	37.0 ppm		

Fuente: Autores, 2019



CO-SC-CER518726

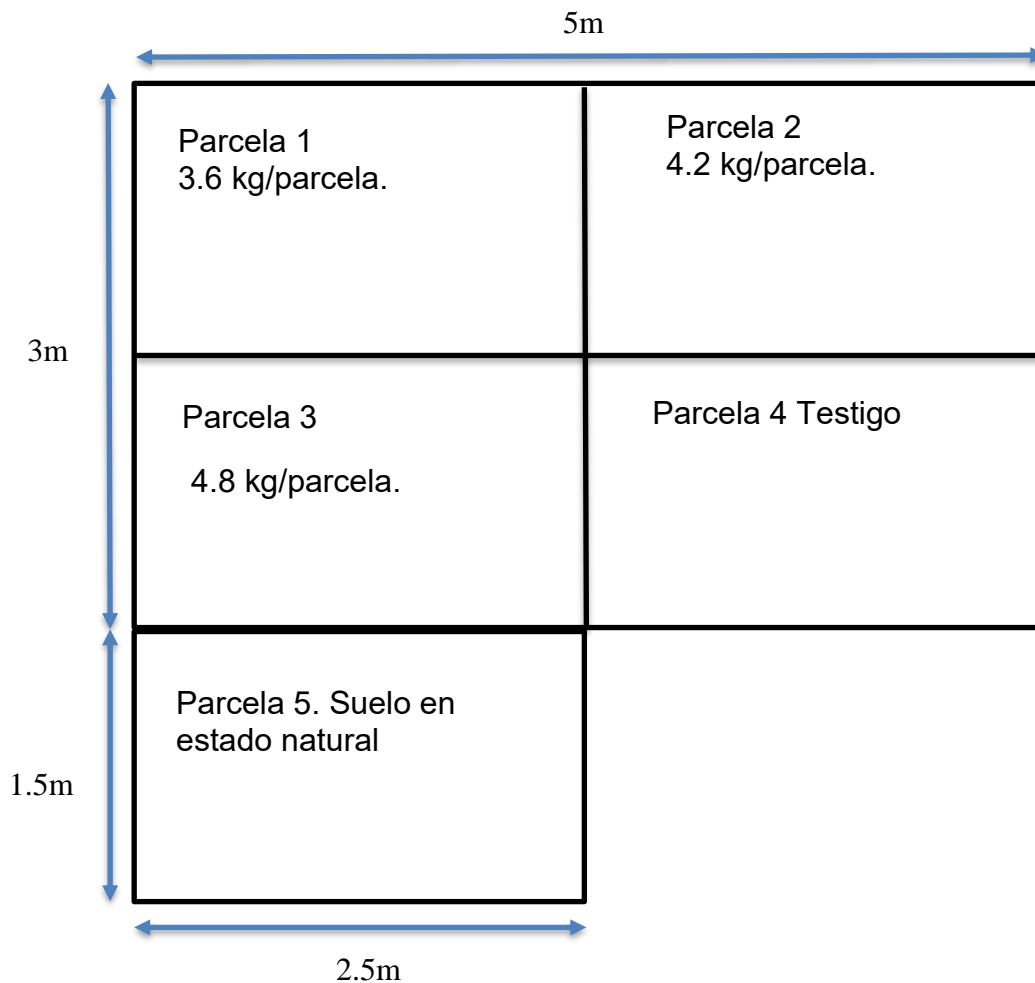


www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

6.8. APLICACIÓN DEL COMPOST EN LAS PARCELA

El compost fue aplicado en las parcelas teniendo en cuenta la fase metodológica establecida, la cual se puede apreciar en la (figura 1).

Figura 1: Esquema de las dimensiones del terreno



Fuente: Autores, 2019

6.9. ANÁLISIS FINAL DEL SUELO CON LA APLICACIÓN DEL COMPOST

En esta fase del proceso se encuentra el resultado final del suelo afectado por la quema después haberle aplicado la enmienda orgánica a base de cereza de café, donde se evidencia un aumento en los componentes de estudio como es el P, Ca y K, y de otros elementos, esto se debe a la incorporación de la materia orgánica.

La aplicación del compost al suelo afectado por la quema se le hizo el día 1 septiembre del 2019 teniendo en cuenta lo descrito por la (figura 1), y la toma de muestra para realizar sus respectivos análisis se realizó el día 14 de septiembre del 2019.

Tabla 9. Análisis final del suelo.

RESULTADOS OBTENIDOS			
ANALISIS	UNIDAD DE MEDIDA	CODIGO	NIVELES NORMALES
TEXTURA	-	Fco.Limoso	FRANCO
PH	-	7.2	5.5 – 7.3
CIC	Meq/100gr	40	15 – 30
Materia orgánica(M.O)	%	15.7	3 – 5
Carbono Orgánico (C)	%	9.13	1.70 – 2.90
Nitrógeno Total (NT)	%	0.79	0.15 – 0.25
Fósforo Asimilable (P)	ppm	144.5	15 – 30
Potasio Soluble (K)	Meq/100gr	0.27	0.15 – 0.30
Calcio (Ca)	Meq/100gr	19.5	3 – 6
Magnesio (Mg)	Meq/100gr	4.0	1.50 – 2.50
Aluminio (Al)	Meq/100gr	-	0
Sodio (Na)	Meq/100gr	-	Menor de 1
Azufre (S)	ppm	-	15 – 30
Hierro (Fe)	ppm	100	10 – 20



CO-SC-CER518726



Manganeso (Mn)	ppm	9.3	5 – 10
Boro (B)	ppm	0.10	0.20 – 0.60
Cobre (Cu)	ppm	4.0	1 – 3
Zinc (Zn)	ppm	3.5	2 – 4

Fuente: Autores, 2019

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que el suelo presenta una reacción de potencial de hidrogeno neutra, con muy alto su contenido de Calcio, con % de saturación coloidal del 48.7%. Hay Magnesio intercambiable medio, con relación Ca/Mg equilibrada (4.8). Alto nivel de Fósforo disponible y con valores medios en sus contenidos de Potasio soluble. Su textura es media con buenos % de Materia Orgánica y micro elementos suficientes.

6.9.1. COMPARACIÓN DE SUELOS.

En la siguiente tabla se hará una comparación del suelo teniendo en cuenta los resultados de análisis en su estado natural, afectado por la quema y el suelo con la aplicación del compost.

Tabla 10. Comparación del estado del suelo.

Análisis	Suelo Estado Natural	Suelo Afectado Por Quema	Suelo con aplicación del compost	Resultado final
P. Así (ppm)	39.6	198	144.5	Disminuyo
Ca (meq/100g)	14	18.5	19.5	Aumento
K Soluble (meq/100g)	0.12	0.15	0.27	Aumento
Textura	Franco arcilloso limoso	Franco limoso	Franco limoso	Igual



CO-SC-CER518726



pH	5.5	6.6	7.2	Aumento
CIC (meq/100g)	45	38	40	Aumento
M.O (%)	7.3	7.1	15.7	Aumento
C.Org (%)	4.2	4.1	9.13	Aumento
N. Total (%)	0.37	0.35	0.79	Aumento
Mg (meq/100g)	4.5	3.5	4.0	Aumento
Mn (ppm)	13	12.3	9.3	Disminuyo
Cu (ppm)	0.8	1.3	4.0	Aumento
B (ppm)	0.20	0.20	0.10	Disminuyo
Fe (ppm)	66	58	100	Aumento
Zn (ppm)	1.7	2.50	3.5	Aumento

Fuente: Autores, 2019

6.10. SIEMBRA DE AJI PIMENTON EN EL SUELO RECUPERADO

En la (tabla 10), se encuentra plasmado el análisis arrojado en laboratorio después de haberle aplicado compost a base de cereza café a un suelo afectado por quema, dando como resultado un aumento y/o mejoramiento de los componentes químicos del suelo P, Ca y K entre otros, y que son de gran importancia para activar la vida vegetal en el mismo.

Se realizó en el área con tratamiento de abono orgánico una siembra de ají pimentón de tal manera que esta funcionara como un indicador y proporcionara información del suelo con la aplicación del compost y así observar la efectiva recuperación en el



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

crecimiento de la planta. Se utilizó para la siembra el área correspondiente a 15m², teniendo en cuenta que para un cultivo la relación de siembra por hectárea es de 20.000 plantas de ají pimentón, de acuerdo a esto en los 15m², se sembraron 30 plantas de ají pimentón.

20.000 planta ají → 10.000m²

X → 15m²

X = 30 PLANTAS AJI PIMENTO

6.10.1. SIEMBRA DE AJI PIMENTON

- **Crecimiento:** La semilla de pimentón se sembró en las diferentes concentraciones de compost como muestra la figura 1. Donde se pudo evidenciar el crecimiento y desarrollo en las distintas concentraciones.

Imagen 10: Siembra a la concentración de 3.6Kg



Imagen 11: Siembra a la concentración de 4.2Kg



Imagen 8: Siembra a la concentración de 4.8Kg



Imagen 9: Suelo quemado sin tratamiento



Fuente: Autores, 2019

El proceso de nacimiento de la plántula de ají pimiento se dio en un periodo de tiempo entre 8 - 10 días y su crecimiento fue lento para algunas parcelas. Según las diferentes concentraciones aplicadas en cada parcela se observa como cada una de estas presenta un crecimiento en cuanto a la longitud y así mismo diferentes cantidades o proporciones de la plántula del ají pimentón. Siendo la de mayor crecimiento la parcela que tiene más concentración de abono orgánico según la (figura 1), obteniéndose en esta fase final las propiedades y características tanto químicas como físicas que el compost a base de cereza de café ha adquirido para efectuar una restauración a suelos afectados por incendio forestales.

Transcurrido alrededor de 3 meses, se pudo evidenciar el crecimiento y producción de frutos del ají pimiento. Observándose como en cada parcela con las diferentes concentraciones de compost la producción de frutos fue variando y esto debido al grado de estabilización y asimilación de nutrientes del suelo en cada parcela. En la

siguiente tabla se encuentra el promedio de producción de ají pimentón de cada plántula por parcela después de la aplicación de compost a base de cereza de café.

Tabla 11: Producción ají pimentón por parcela

UNIDADES	PARCELA 1	PARCELA 2	PARCELA 3	TESTIGO	TOTAL
FRUTOS	3	4	3	2	12
PESO (gr) por unidad	45	75	85	35	240
TAMAÑO(cm)	7.2	8.1	10	6.8	

Según la observación realizada a las parcelas, la producción de cada una estuvo asociada a la asimilación de los nutrientes aportados por el compost al suelo. Dicho lo anterior teniendo en cuenta los parámetros como es la cantidad de frutos, peso y tamaño para determinar una producción eficiente en la presente investigación, la parcela 3 con la mayor concentración de abono de orgánico tuvo una producción efectiva en sus frutos debido a las características descritas en la tabla anterior.

7. CONCLUSIÓN

El suelo sufre alteraciones en sus componentes físicos, químicos y microbiológicos por la acción del fuego y dependiendo de la intensidad de calor en el suelo generado por la quema, se puede ganar ciertos nutrientes químicos y de materia orgánica a corto plazo, ya que a largo plazo estos nutrientes tienden a disminuir debido a que el suelo pierde su capa vegetal, cambia su textura, por consiguiente generó capas hidrofóbicas, haciendo que disminuya su capacidad de infiltración y retención de agua, por lo tanto la acción de agentes naturales como la lluvia que generan escorrentía provoca el arrastre de estos minerales, dando inicio a una futura desertificación del suelo.

El compost a base de cereza de café, que se le aplicó al suelo afectado por la quema para efectuar la restauración de sus componentes físico químicos, generó un efecto positivo de los componentes destacados en este proyecto como lo son; el P, Ca y K, en donde se pudo evidenciar que esta enmienda orgánica favoreció al suelo afectado, aportando mayor fertilidad y estabilización. Esto indica que una alternativa para tratamiento de suelos que han sido perturbados por la acción del fuego es la aplicación de esta materia orgánica a base de cereza de café.

Observando el análisis de las diferentes concentraciones aplicadas en el suelo afectado por la quema, es notorio que a mayor cantidad de compost aplicado se obtendrán mejores resultados para el mejoramiento del recurso suelo, ocasionando un aumento de gran parte de sus nutrientes y elementos esenciales que son útiles para mejorar su capacidad productiva.

Además, se le atribuye al compost la capacidad de proporcionar un acondicionamiento al suelo en sus componentes físicos; como es al aporte a la retención de humedad, estabilización de la textura y por ende evita su erosión. Para



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

los componentes químicos realiza aporte de macro y micro nutrientes como son el P, K, Ca, N, C, Mg, Mn, B, Cu, Fe, Zn y un equilibrio en el pH. Por ultimo en su actividad microbiológica el compost le proporciona un alto porcentaje de materia orgánica de tal manera que se mantenga el ciclo de sus procesos biológicos, cuyos procesos mantienen la fertilidad del suelo y en consecuencia estimula el afloramiento de su capa vegetal y biodiversidad de especies microbianas.



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

8. RECOMENDACIONES

- En el proceso de compostaje se recomienda hacer un monitoreo constante y con los equipos o herramientas idóneas para hacer el seguimiento del pH y humedad del compost, siendo estos dos factores importantes para mantener las condiciones ideales para la actividad microbiana y por ende una adecuada degradación de la materia orgánica.
- En la actividad de la quema controlada tener en cuenta la medición de intensidad de calor exacta irradiada al suelo generada por el fuego, puesto que dependiendo de la intensidad del fuego así va hacer la afectación de la característica del suelo.
- Realizar un mayor número de muestras a largo y mediano plazo al suelo afectado por la quema para tener más exactitud en los resultados de análisis.
- Dejar actuar por mucho más tiempo el compost en suelo para evidenciar que tanta ha sido su mejoramiento en la toma muestras a largo plazo.
- Tomar muestras en las diferentes concentraciones aplicadas en las parcelas para evaluar su comportamiento.



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

9. BIBLIOGRAFÍA

ARQHYS. (2017). Tipos de suelos. Recuperado de http://www.arqhys.com/tipos_de_suelos.html

Botánico-Online SL. (1999-2017). Suelos arenosos. Recuperado de <http://www.botanical-online.com/suelo-arenoso.htm>

CIPA, OASIS. (2011). Todo sobre suelos. Recuperado de <http://oasisforestal.blogspot.com.co/2011/>

Comisión Nacional Forestal. (2010). Incendios forestales: guía práctica para comunicadores. Zapopan, Jalisco, México. Tercera edición.

Domínguez, Heber. Estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo producidas por la quema controlada de vegetación en el Municipio de Cumaribo, Departamento del Vichada. Tesis de Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Manizales.: Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. 2016.114 p.

Estrada, M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. Revista Lasallista de investigación - VOL. 2 No. 1, p.65.



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

EarthGreen SAC Colombia: - ACODAL. Curso-Taller Internacional de Aprovechamiento de residuos orgánicos biodegradables urbanos y agroindustriales, con énfasis en Compostaje y Lombricultura – Agosto de 2012

Fassbender, Hans W., & Bomemisza, E. (1987). Química de suelos: con énfasis en suelos de America Latina. San José, Costa Rica. 2ª, ed. Servicio editorial IICA.

Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muñiz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M.I., Vargas, R. (eds), 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxembourg, 176 pp.

Grupo, SITE., Universidad, EIA. (2014). Catalogo virtual de flora del Valle de Aburra. Recuperado de <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/129>.

Huerta, Hilda. Determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con mercurio en la región de San Joaquín, Qro., y su relación con el crecimiento bacteriano. Tesis para obtener el grado de Licenciada en Biología. Querétaro, México. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. 2010. 53 p.

Jaramillo, D. (2002). Introducción a la ciencia del suelo.

Jaramillo, Luis. Elementos para una reglamentación de biosólidos. 45° Expo-Congreso Internacional de ACODAL. Bogotá D.C. 2002. 41p



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

Jordán, A. (2005-2006). Manual de edafología. Sevilla, España. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química. Agrícola de la Universidad de Sevilla. Profesor asociado a la E.U.I.T.A.

MasTiposde. (2016). Suelos pedregosos. Recuperado de http://www.mastiposde.com/suelos_pedregosos.html.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible2017. <http://www.minambiente.gov.co/>.

Moreno, P. (2009). Tema 7. El suelo: La edafosfera. Recuperado de http://www.pedropablomoreno.com/pedropablomoreno.com/CTMpresentaciones_files/TEMA-7%2009-10.pdf.

Morales M., & Cesar, C. (2011). Edafología 1. Primera edición. Recuperado de <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/handle/123456789/7381>.

Nieuwenhuis, R., & Schöll, L. (1998). Soil fertility management. Agrodok-series No. 2. ISBN Agromisa: 978-90-8573-031-6.

Nieves Cruz Felipe. (2006, octubre 1). La investigación exploratoria. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/la-investigacion-explortoita/>



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

Owen, E. (1993). Características físico-químicas del suelo y su incidencia en la absorción de nutrimentos, con énfasis en el cultivo de la palma de aceite. Palmas, Volumen 16, No. 1, 33p.

PASOLAC – NICARAGUA; PASOLAC - EL SALVADOR; PASOLAC – HONDURAS; A través de los Colaboradores y colaboradoras de la Unidad de Apoyo de PASOLAC: Weber, G., Socorro, F., Fischler, M., Obando, M., Sosa, H., & Rodríguez, R. (2000). Guía Técnica de Conservación de Suelos y Agua: Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central (PASOLAC). 1a. ed. Recuperado de <http://www.fundesyam.info/biblioteca.php?id=1057>

Posada, C., & Walter, N. (2003). Respuesta de plántulas de café a la fertilización foliar y la aplicación de pulpa de café compostada. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín. Vol.56, No.1. p.1839-1848.

Posada, C., & Walter, N. (2003). Respuesta de plántulas de café a la fertilización foliar y la aplicación de pulpa de café compostada. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín. Vol.56, No.1. p.1839-1848.

Rosero, J., & Osorio, I. (2013). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. Estado del arte. Cuaderno Activa, ISSN 2027-8101. N°5, pp. 59-67.

Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). Propiedades físicas del suelo. Monte Video Uruguay. Dpto. Suelos y Aguas.



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

SAGARPA. (2017). Bioenergéticos. Recuperado de <http://www.bioenergeticos.gob.mx/Recuperacion-de-Suelos/Paginas/default.aspx>.

Terra Petra, S.A.S. (2017). Nutrición inteligente y Natural. Recuperado de <http://www.terrapetra.com.co/compostaje/> .

Vásquez de Díaz, M., Prada, P., & Mondragón, M. (2010). Optimización del proceso de compostaje de productos post-cosecha (cereza) del café con la aplicación de microorganismos nativos. NOVA-Publicación Científica en Ciencias Biomédicas - ISSN: 1794-2470 VOL.8 No.14, PP.: 213 – 219.



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

ANEXOS

Anexo A: Pesos de la materia prima utilizada.



Anexo B: Trituración y apilamiento del compost.



Anexo C: Montaje final del compost.



Anexo D: Volteo y traslado del compost a la compostera.



Anexo E: Compost al final de su proceso y toma de muestra para análisis.



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

Anexo F: Toma de muestras al suelo en su estado natural.



Anexo G: Quema controlada del área delimitada y toma de muestra.



CO-SC-CER518726

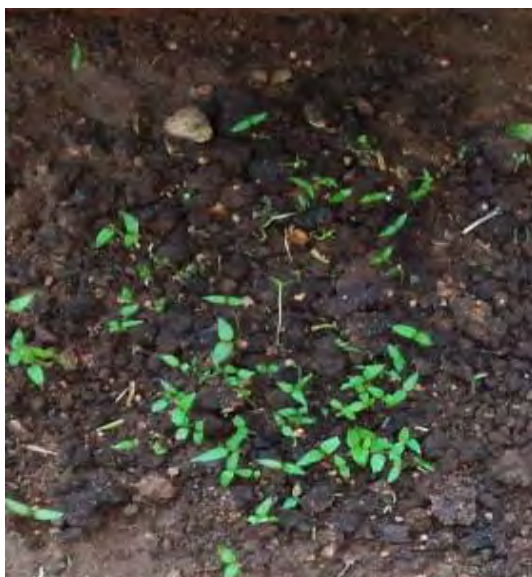


www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar, Colombia

Anexo H: Aplicando compost en el suelo afectado por la quema.



Anexo I: Crecimiento de ají pimentón en sus diferentes concentraciones.



Anexo J: Producción de ají pimentón.



Anexo K: Características de peso y tamaño del ají pimentón.





Anexo L: Monitoreo del compost.

		PLANILLA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO AL COMPOST											
		UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR											
		PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA											
							INSECTOS		PUTREFACCION		VAPOR		
MESES	FECHA	HORA	pH	TEMP	HUMEDAD	VOLTEO	OLORES	SI	NO	SI	NO	SI	NO
1	13/03/2019	11:20AM	3,5	35	72%								
	17/03/2019	10:05AM	3,5	38	72%	X							
	22/03/2019	2:08PM	3,8	40	69%	X		X			X	X	
	27/03/2019	4:30PM	4,1	52	66%	X	X	X					
2	02/04/2019	4:28PM	5,6	55	65%	X	X	X			X	X	
	10/04/2019	12:30PM	6,1	63	71%	X	X	X			X	X	
	15/04/2019	4:35PM	8,2	65	61%	X	X	X		X		X	
	23/04/2019	8:20AM	8,2	60	55%	X	X	X			X	X	
3	01/05/2019	2:03PM	9,1	54	52%	X	X	X			X	X	
	06/05/2019	10:00AM	8,7	51,03	50%	X	X	X			X	X	
	13/05/2019	5:25PM	7,4	49	47%	X		X			X	X	
	22/05/2019	12:00PM	7,4	45	47%			X			X	X	
4	02/06/2019	9:15PM	7,1	43	41%			X			X		X
	10/06/2019	3:50PM	6,8	43	41%	X		X			X		X
	16/06/2019	11:06AM	6,7	43,2	42%			X			X		X
	23/06/2019	09:03AM	7,2	43	30%			X			X		X

Anexo M: Resultado de análisis del compost.

TIERRAS
MEJORAMIENTO
AGRICOLAS
META



META

MEJORAMIENTO DE TIERRAS AGRICOLAS
La Ciencia del Suelo a su Servicio.
Nit: 17.040.517-9

Bucaramanga, julio 02 de 2019

Propietario: William Zambrano
Producto: Material solido- Compost color negro

RESULTADOS EN BASE HUMEDA

PARAMETROS	TRATAMIENTO 1
P.H	7.3
Humedad	30 %
Nitrógeno Total	0.80 %
C. Orgánico Oxidable	15.5%
Relación C/N	9.4
Densidad	0.60 g/cm ³
Conductividad Eléctrica C.E	15 d/Sm
Capacidad De Intercambio Cationico CIC	38 meq/100 g
Cenizas	40%
Perdidas Por Volatilización	20%
Retención de Humedad	100%
Fosforo (P)	0.86%
Potasio (K)	2.0%
Calcio (CaO)	3.2%
Magnesio (Mgo)	1.0%
Azufre(S)	0.32%
Hierro (Fe)	0.45%
Manganeso (Mn)	216 ppm
Cobre (Cu)	19.0 ppm
Zinc (Zn)	88.0 ppm
Boro (B)	37.0 ppm

Nota: estos resultados corresponden a los reportados por la muestra recepcionada en el laboratorio.



Jaime Cepeda Rey
Director del Laboratorio
Agrólogo
TP 5020 Min Agricultura

Estadio Alvaro Gómez Hurtado – Finca la Cidra – Autopista Piedecuesta - Tel: 6750190
Cel: 310 3116545 - E-mail: laboratorios_meta@yahoo.com




CO-SC-CER518726




www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

Anexo N: Resultado de análisis del suelo en su estado natural.

TIERRAS AGRICOLAS MEJORAMIENTO META		META MEJORAMIENTO DE TIERRAS AGRICOLAS LABORATORIO DE SUELOS		N° MUESTRA		1											
NOMBRE:	WILLIAN ZAMBRANO	DIRECCIÓN:		TELÉFONO:	3003713840												
FINCA:	MONTE RUBIO	VEREDA:		MUNICIPIO:	ASTREA												
FECHA DE RECIBIDO:		ANÁLISIS	CARACTERIZACIÓN	XXX	DEPARTAMENTO	CESAR											
FECHA DE ENTREGA:	02/07/2019		FERTILIDAD		CÓDIGO:	3783											
RESULTADOS OBTENIDOS																	
CODIGO	TEXTURA	pH	CIC	M.O	C. Org	N Total	KSoluble	Ca	Mg	Al	C.E	P Asi.	Fe	Mn	B	Cu	Zn
			meq/100g	%			meq/100g			ppm							
3783	Franco Arcillo limoso	5,5	45	7,3	4,2	0,37	0,12	14,0	4,5	*	'	39,6	66	13	0,20	0,8	1,70
METODOS ANALITICOS				OBSERVACIONES													
pH: Potenciométrico C.I.C: Volumétrico M.O, C Org, N. Total, S: Espectrofotométrico K. Sol, Ca, Mg, Al: Espectrofotométrico P. Asi, Fe, Mn, B, Zn, Cu: Espectrofotométrico				SUELO ESTADO NATURAL													
 Jaime Cepeda Rey Agrólogo TP 5020 Min Agricultura Director Laboratorio				N.D= No Detectado Cliente: C.C													

Anexo O: Resultado de análisis del suelo afectado por la quema.

MEJORAMIENTO DE TIERRAS AGRICOLAS		LABORATORIO DE SUELOS		N° MUESTRA		1											
NOMBRE:	WILLIAN ZAMBRANO	DIRECCIÓN:		TELÉFONO:	3003713840												
FINCA:	MONTE RUBIO	VEREDA:		MUNICIPIO:A	ASTREA												
FECHA DE RECIBIDO:		ANALISIS	CARACTERIZACIÓN	XXX	DEPARTAMENTO	CESAR											
FECHA DE ENTREGA:	02/07/2019		FERTILIDAD		CÓDIGO:	3782											
RESULTADOS OBTENIDOS																	
CODIGO	TEXTURA	pH	CIC	M.O	C. Org	N Total	KSoluble	Ca	Mg	Al	C.E	P Asi.	Fe	Mn	B	Cu	Zn
			meq/100g	%			meq/100g			ppm							
3782	Franco limoso	6,6	38	7,1	4,1	0,35	0,15	18,5	3,5	*	*	198	58	12,3	0,20	1,3	2,50
METODOS ANALITICOS				OBSERVACIONES													
pH: Potenciométrico C.I.C: Volumétrico M.O, C Org, N. Total, S: Espectrofotométrico K. Sol, Ca, Mg, Al: Espectrofotométrico P. Asi, Fe, Mn, B, Zn, Cu: Espectrofotométrico				SUELO AFECTADO POR QUEMA													
 Jaime Cepeda Rey Agrólogo TP 5020 Min Agricultura Director Laboratorio				N.D= No Detectado Cliente: C.C													

Anexo P: Resultado de análisis del suelo recuperado.

ANÁLISIS		UNIDAD DE MEDIDA	CODIGO		NIVELES NORMALES
TEXTURA	-		Fco.Lim		FRANCO
PH	-		oso		5.5 - 7.3
CIC	Meq/100gr	40			15 - 30
Materia orgánica(M.O)	%	15.7			3 - 5
Carbono Orgánico (C)	%	9.13			1.70 - 2.90
Nitrógeno Total (NT)	%	0.79			0.15 - 0.25
Fósforo Asimilable (P)	p.p.m	144.5			15 - 30
Potasio Soluble (K)	Meq/100gr	0.27			0.15 - 0.30
Calcio (Ca)	Meq/100gr	19.5			3 - 6
Magnesio (Mg)	Meq/100gr	4.0			1.50 - 2.50
Aluminio (Al)	Meq/100gr	-			0
Sodio (Na)	Meq/100gr	-			Menor de 1
Azufre (S)	p.p.m	-			15 - 30
Hierro (Fe)	p.p.m	100			10 - 20
Manganeso (Mn)	p.p.m	9.3			5 - 10
Boro (B)	p.p.m	0.10			0.20 - 0.60
Cobre (Cu)	p.p.m	4.0			1 - 3
Zinc (Zn)	p.p.m	3.5			2 - 4



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu.co
ambiental@unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Ed.Acad-Adtvo. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar, Colombia

		OBSERVACIONES
TEXTURA	Dispersión con Exametafosfato y Carbonato de Sodio, lectura con Hidrómetro (Bouyoucos)	<p>Suelo de reacción fuertemente alcalina, con alto (40) y saturado (59%) complejo de cambio. Es muy alto su contenido de Calcio, con % de saturación coloidal del 48.7%. Hay Magnesio intercambiable medio, con relación Ca/Mg equilibrada (4.8). Alto nivel de Fósforo disponible y medios sus contenidos de Potasio soluble. Su textura es media con buenos % de Materia Orgánica y microelementos suficientes.</p> <p style="text-align: right;">  JAIME CEPEDA REY Agrólogo TP 5020 Min Agricultura Director Laboratorio. </p>
a	Lectura potenciométrica en solución de Agua Destilada suelo relación 1:1	
C.I.C	Extracción con Acetato de Amonio 1N y neutro. Valoración volumétrica con Hidróxido de Sodio 0.1 normal.	
C	Oxidación con Dicromato de Potasio en medio fuertemente ácido. Determinación colorimétrica.	
N	Método colorimétrico: Walkley Black.	
S	Extracción con Fosfato Monocálcico y valoración turbidimétrica del Sulfato de Bario.	
K Soluble	Extracción con Agua Destilada y valoración reflectométrica, previo tratamiento con Tetrafenilborato de Sodio en medio alcalino.	
K Intercambiable	Extracción con acetato de Amonio Normal y Neutro y valoración reflectométrica por precipitado del Ion Potasio con Tetrafenilborato de Sodio en medio alcalino.	
Ca Y Mg	Determinación complexométrica con Verseno previa extracción del elemento con Acetato de Amonio 1N normal.	
Al Intercambiable	Extracción con KCL. Valoración de solución estandarizada en presencia de Fenoftaleína y titulación con HCL 0.1N.	
P Disponible	Muestra tratada con solución extractora de HCL 0.1 N más Fluoruro de Amonio (NH ₄ F) 0.03 N. Bray II.	
Mn, Fe, Zn, Cu	Extracción con Acetato de Amonio 1N y Neutro, se valora reflectométricamente.	
B	Extracción con Fosfato Monocálcico y valoración calorimétrica con Azometina H.	

Estadio Álvaro Gómez Hurtado – Finca la Cidra – Autopista Piedecuesta - Tel: 6750190
Cel: 310 3116545 - E-mail: laboratorios_meta@yahoo.com