



UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA QUEMA FÍSICA CONTROLADA COMO  
PRÁCTICA AGRÍCOLA SOBRE ALGUNAS DE LAS CARACTERÍSTICAS  
FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE DOS SERIES DE SUELOS  
CAFETEROS UBICADOS EN LOS MUNICIPIOS DE LÍBANO Y CASABIANCA,  
TOLIMA.**

**JULIÁN ORLANDO SANDOVAL CUELLAR**

**CAROLINA SUAREZ CAMELO**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y  
ADMINISTRATIVAS.  
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE.  
MANIZALES - COLOMBIA  
2017**

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA QUEMA FÍSICA CONTROLADA COMO PRÁCTICA AGRÍCOLA SOBRE ALGUNAS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE DOS SERIES DE SUELOS CAFETEROS UBICADOS EN LOS MUNICIPIOS DE LÍBANO Y CASABIANCA, TOLIMA.**

**JULIÁN ORLANDO SANDOVAL CUELLAR**

**CAROLINA SUAREZ CAMELO**

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de: Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.

**Director: DR. JUAN CARLOS MONTOYA SALAZAR**

Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

**Codirector: DR. JHON FREDY BETANCUR PÉREZ.**

Biólogo, Ph.D.

**Línea de Investigación:  
BIOSISTEMAS INTEGRADOS**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y  
ADMINISTRATIVAS.  
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE.  
MANIZALES - COLOMBIA  
2017**

## DEDICATORIA

A mi padre Dios el que me ha dado fortaleza cuando a punto de caer he estado, por llenarme de bendiciones todos los días de mi vida, porque me ha brindado el valor suficiente para vencer todos los obstáculos que se me han presentado en este arduo camino.

A mi amada madre por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más, quien ha sido mi constante ejemplo de perseverancia y dedicación, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, en especial en este sueño que es una realidad.

A mi pequeña princesa Isabela, quien es la detonante de mi felicidad y de mi continuo deseo de llenarla de principios, valores y buen ejemplo. A mis hermanos Robert y Emili con quienes he compartido mi vida y quienes me han ayudado a no desfallecer en este proceso tan valioso pero también tan lleno de dificultades

A mi amigo Julián quien me apoyó y me animó en momentos difíciles y me mostró siempre su lealtad contribuyendo de forma sustancial en este proceso de superación académica.

**Carolina Suarez Camelo**

*A mi bella novia Yuly Marcela Velandia por su apoyo incondicional, paciencia total y constancia en todos los aspectos de mi vida, a mis padres Orlando Sandoval y Martha Cuéllar que como siempre me enseñan el valor del amor, tolerancia, perseverancia, honestidad y respeto siendo el baluarte de mis éxitos.*

*A mis hermanas Adriana y Alejandra que son mis grandes amores y me dan fuerza para superar cualquier reto.*

*A mis sobrinos Juan José y María Fernanda que son un desafío entero para mí como tío, por el valioso legado soy y la vida me permite transmitir como ejemplo para sus vidas.*

*A mis amigos que como siempre importantes, son gran apoyo en las etapas trascendentales de mi vida...*

**Julián Orlando Sandoval Cuellar**



## **Agradecimientos**

Juan Carlos Montoya Salazar, Ing. Agrónomo, Ph.D. Universidad de Manizales – Caldas. Docente Universitario. Director trabajo de grado, quien nos colaboró de manera incondicional con sus conocimientos, permitió que se desarrollara y materializara esta investigación.

Ana María Leiva Sandoval, Bióloga, Magister en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional; Con su experiencia en microbiología y análisis estadísticos, realizo asesoría en la toma de muestras en campo y laboratorio, y en la manipulación de los datos recolectados durante la investigación.

Alexander Rojas Reyes, Jenny Andrea Gomez Fierro ingenieros agrónomos pertenecientes al Servicio De Extensión de la Seccional de Líbano Del Comité de Cafeteros del Tolima. Por brindarnos apoyo en lo referente a nuestro trabajo de campo y así ejecutar nuestro proyecto de investigación y brindarnos las herramientas necesarias para crecer intelectualmente.

Universidad Del Tolima (Sede Ibagué). Por permitirnos utilizar sus instalaciones y así elaborar nuestro trabajo de grado y brindarnos los instrumentos necesarios para ascender intelectualmente. A Leonardo Ospina y al grupo de trabajo en microbiología y suelos; a todos sus integrantes, por la colaboración brindada en todas las etapas de la realización de esta tesis.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron al desarrollo parcial de este trabajo.



## Resumen

En este trabajo se llevó a cabo el estudio de uno de los modelos de desarrollo más predominante en la comunidad agrícola; tal como la quema física y química del suelo como método de limpieza después de una cosecha, práctica que contribuye a agudizar la crisis actual del suelo como recurso natural. Por tal razón la importancia de experimentar y manejar métodos que contribuyeran al establecimiento del impacto que generan este tipo de prácticas; y en busca de una realidad se desarrollaron actividades que permitieran corroborar ó rectificar posibles hipótesis basadas en la literatura.

La presente investigación se realizó en dos fincas, ubicadas en los municipios de Líbano y Casabianca, en cada finca se trabajó sobre un área experimental de 238m<sup>2</sup>. Dentro de cada lote se ubicaron 6 parcelas con un área de 12m<sup>2</sup> cada una, con los dos tratamientos y tres repeticiones ubicadas aleatoriamente, que permitieron determinar el impacto sobre las propiedades biológicas y algunas propiedades físicas y químicas.

Se implementó la metodología de toma de muestras antes y después de la práctica; para las pruebas **físicas** se implementó el método de cilindro de volumen conocido, para determinar la densidad aparente; en las pruebas **químicas** el método Walkley y Black, para definir el CO (Carbono Orgánico) presente en el suelo, además el método Kjeldahl en la determinación de Nitrógeno Total (NT), en las pruebas **biológicas**: el método de respirometría para determinar la tasa de respiración de la microfauna. Como resultado del comparativo de los terrenos sometidos a quemas y los testigos se encontró que al someter el suelo a este tipo de procesos la densidad aparente en el suelo no reporta cambios en ninguna de las 2 localidades de estudio. Ni entre las semanas, lo que indicará que las quemas no afectan esta característica en las condiciones del estudio.

En las propiedades químicas se observó diferencias significativas para el efeto del fuego entre tratamiento, ya que el potencial de hidrogeno aumentan en los terrenos sometidos a quemas tardándose más tiempo en recuperarse. El carbono orgánico presento deferenca significativa en las interacion de tratamiento y semanas, a pesar de no mostrar diferencias entre los tratamientos y las semanas individualmente en cada una de las localidades.

Dentro de las variables biológicas se puede decir que la presencia de insectos es dependientes de la presencia de plantas, su crecimiento es directamente proporcional a la recuperación de la flora en los terrenos, también dependen del clima y de la presencia de depredadores, ya que en algunos casos vemos diferencias entre el número de especímenes recolectados en una y otra región a pesar de que los terrenos muestra estuvieron sometidos a las mismas condiciones. Por lo anterior se concluye que las variaciones físicas, químicas y biológicas que se evidenciaron en los suelos estudiados, pueden llegar a modificar y

transformar un ecosistema teniendo graves consecuencias agotando la vida útil de los mismos.

**Palabras Clave:** quemas controladas, físicos, químicos y biológicos, repercusiones.

## Abstract

In this work the study of one of the models of development more predominant in the agricultural community was carried out; Such as the physical and chemical burning of the soil as a method of cleaning after a harvest, a practice that contributes to sharpen the current crisis of the soil as a natural resource. For this reason the importance of experimenting and managing methods that contribute to the establishment of the impact generated by this type of practices; And in search of a reality were developed activities that allowed corroborate or rectify possible hypotheses based on the literature.

The present investigation was carried out in two farms, located in the municipalities of Lebanon and Casabianca, in each farm we worked on an experimental area of 238m<sup>2</sup>. Within each lot were located 6 plots with an area of 12m<sup>2</sup> each, with two treatments and three replicates located at random, which allowed to determine the impact on biological properties and some physical and chemical properties.

Sampling methodology was implemented before and after the practice; For the physical tests the cylinder method of known volume was implemented to determine the bulk density; In the chemical tests the Walkley and Black method, to define the CO (Organic Carbon) present in the soil, in addition the Kjeldahl method in the determination of Total Nitrogen (NT), in the biological tests: the method of respirometría to determine the cup Of respiration of the microfauna. As a result of the comparison of the land under burnings and the witnesses, it was found that when the soil is subjected to this type of processes, the apparent density in the soil does not report changes in any of the 2 study sites. Neither of the weeks, which will indicate that the fires do not affect this characteristic in the conditions of the study.

In the chemical properties significant differences were observed for the effect of the fire between treatment, since the hydrogen potential increases in the burned terrains taking more time to recover. The organic carbon presented significant deference in the treatment interactions and weeks, despite not showing differences between the treatments and the individual weeks in each one of the localities.

Within the biological variables we can say that the presence of insects is dependent on the presence of plants, their growth is directly proportional to the recovery of the flora in the land, also depend on the climate and the presence of predators, since in Some cases we see differences between the number of specimens collected in one and another region even

though the sample lands were subjected to the same conditions. From the above, it is concluded that the physical, chemical and biological variations that were evidenced in the studied soils, can modify and transform an ecosystem having serious consequences depleting the useful life of them.

**Keywords:** controlled, physical, chemical and biological burns, repercussions.

# Contenido

	Pág.
RESUMEN	VII
CONTENIDO	IX
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE TABLAS	XV
INTRODUCCIÓN	18
CAPÍTULO I	20
1. PROBLEMA Y OBJETIVOS	20
1.1 Formulación del Problema	20
1.1.1 Descripción del problema de investigación.	20
1.1.2 Planteamiento del problema.	20
1.2 Justificación	21
1.3. Objetivos	21
1.3.1 Objetivo general	21
1.3.2 Objetivos específicos	21
CAPÍTULO II	22
2. MARCO DE REFERENCIA	22
2.1 Antecedentes	22
2.1.1 Antecedentes internacionales.	22
2.1.2 Antecedentes nacionales.	24
2.2 Marco Teórico	24
2.2.1 El suelo como ecosistema complejo y viviente	24
2.2.1.1 Materia Orgánica del Suelo y su Relación con otras Propiedades del Suelo	26
2.2.1.2 El suelo y algunas interacciones de sus propiedades físicas.	28
2.2.1.3 El suelo y algunas interacciones de sus propiedades Químicas	29
2.2.2 Interacción de la actividad biológica del suelo en las diferentes propiedades edáficas	32
2.2.3 Principales organismos de la biota edáfica	33
2.2.4 Clasificación de la biota edáfica	34
2.2.5 Microfauna	34

2.2.6 Macrofauna	35
2.2.6.1 Haplotaxidas	36
2.2.6.2 Diplópodos	36
2.2.6.3 Quilópodos- Chilopodos.	37
2.2.6.4 Coleópteros.	38
2.2.6.5 Lepidópteros.	40
2.2.6.6 Himenópteros	41
2.2.6.7 Dípteros	42
2.2.6.8 Collémbola.	43
2.2.6.9 Isópteros	43
2.2.7 Efectos de la quema controlada	44
2.2.8 Quemadas controladas	45
2.2.9 Efectos de la quema sobre la calidad del suelo.	45
CAPÍTULO III	50
3. MATERIALES Y MÉTODOS	50
3.1 Materiales	50
3.1.1 Área de Estudio:	56
3.1.2. Tratamientos	57
3.1.3 Instrumentos empleados en Laboratorio	58
3.1.4 Insumos y otros materiales de campo	59
3.2 Métodos	60
3.2.1 Diseño Experimental y Análisis.	61
3.2.2 Métodos de Campo.	62
3.2.3. Procedimiento para la toma de muestras	62
3.3 Determinación Propiedades Físicas	62
3.3.1 Procedimiento para la determinación de la densidad	63
3.3.2 Procedimiento para realizar prueba de infiltración.	63
3.3.3 Determinación de humedad del suelo	64
3.4. Determinación Propiedades Químicas.	65
3.4.1 Determinación pH.	65
3.4.2 Determinación de Nitrógeno total	65
3.4.3 Determinación de Carbono Orgánico (C.O)	65
3.5 Determinacion propiedades biológicas	66
3.5.1 Cuantificacion de la macrofauna del suelo	67
3.5.2 Cuantificacion del metabolismo del suelo	68
CAPÍTULO IV	69
4. ANÁLISIS Y RESULTADOS	69
4.1. Resultados	69
4.1.1. Densidad aparente (D.a)	69

---

4.1.2. Humedad (%H)	73
4.1.3. Infiltración básica (Ib)	77
4.1.4. Potencial de hidrógeno (pH)	79
4.1.5. Carbono orgánico (CO)	83
4.1.6. Nitrógeno Total (NT)	86
4.1.7. Respiración del suelo (TRmgCO)	89
4.2. Organismos asociados a los suelos	93
4.2.1 Riqueza específica	93
4.2.2 Diversidad y estructura	94
4.3. Abundancia De Cada Grupo Entre Tratamientos / Semanas	95
4.3.1. Dípteros	95
4.3.2. Hymenópteros	95
4.3.3. Coleópteros	97
4.3.4. Lepidopteros	98
4.3.5. Orthópteros	99
4.3.6. Hemípteros	100
4.4. Análisis De Correspondencia (AC)	102
5 DISCUSION	103
6 CONCLUSIONES	120
7 RECOMENDACIONES	124
8 BIBLIOGRAFÍA	125

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 3.1</b> Ubicación geográfica del departamento del Tolima	50
<b>Figura 3.2</b> Ubicación geográfica del Municipio de Líbano y Casabianca.	<b>51</b>
<b>Figura 3. 3</b> Histórico Temperaturas correspondiente a la estación la trinidad	54
<b>Figura 3.4.</b> Históricas precipitaciones correspondientes a la estación la Trinidad	55
<b>Figura 3.5.</b> Histórico Temperaturas correspondiente a la estación tricontinental	56
<b>Figura 3.6.</b> Diseño del trazado realizado en cada serie de suelo para determinar	56
<b>Figura 3.7</b> Area experimental de 238m <sup>2</sup> - T2 Suelo quemado con cobertura nativa	57
<b>Figura 3.8.</b> Para la quema total se utiliza material de combustión de la zona	57
<b>Figura 3.9.</b> Se establece el señalamiento y posteriormente la ubicación de trampas de caída	58
<b>Figura 3.10</b> Estado del terreno al terminar el proceso de quemado	62
<b>Figura 3.11.</b> Recoleccion de muestras consecutivamente desde el dia 1...45 días	62
<b>Figura 3.12.</b> Proceso de prueba de respiracion del suelo	63
<b>Figura 3.13</b> Proceso de Preparación muestras para determinación de C.O y N.T	66
<b>Figura 3.14</b> Proceso de Toma de muestra de la macrofauna	66
<b>Figura 3.15</b> Proceso de prueba de respiración del suelo TRmgCO	67
<b>Figura 4.1.</b> Densidad aparente (D.a) entre tratamientos (tipos de suelo)	72
<b>Figura 4.2.</b> Rangos múltiple LSD para la densidad aparente (D.a)	72
<b>Figura 4.3.</b> Humedad de los suelos (%H), entre tratamientos (tipos de suelo)	75
<b>Figura 4.4.</b> Rangos múltiples LSD para la humedad del suelo (%H)	76
<b>Figura 4.5.</b> Capacidad de infiltración (I) en distintos tipos de suelo	78
<b>Figura 4.6.</b> Rangos múltiples LSD para la capacidad de infiltración de los suelos (I)	79

---

<b>Figura 4.7.</b> Potencial de hidrógeno (pH) entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas	82
<b>Figura 4.8.</b> Rangos múltiples LSD para el pH de los suelos	83
<b>Figura 4.9.</b> Carbono orgánico (CO) entre tratamientos (tipos de suelo)	85
<b>Figura 4.10.</b> Rangos múltiples LSD para el carbono orgánico (CO)	86
<b>Figura 4.11.</b> Nitrógeno total (NT) entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas	88
<b>Figura 4.12.</b> Rangos múltiples LSD para el nitrógeno total (NT)	89
<b>Figura 4.13.</b> TR mg CO entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas.	91
<b>Figura 4.14.</b> Rangos múltiples LSD para el TR mg CO	92
<b>Figura 4.15</b> diversidad y estructura	94
<b>Figura 4.16</b> Dendrograma de similitud según coeficiente de Bray-Curtis	95
<b>Figura 4.17.</b> Rangos múltiples LSD para la abundancia de dípteros	96
<b>Figura 4.18.</b> Rangos múltiples LSD para la abundancia de himenópteros	97
<b>Figura 4.19.</b> Rangos múltiples LSD para la abundancia de coleópteros	98
<b>Figura 4.20.</b> Rangos múltiples LSD para la abundancia de lepidópteros	99
<b>Figura 4.21.</b> Rangos múltiples LSD para la abundancia de orthópteros	100
<b>Figura 4.22.</b> Rangos múltiples LSD para la abundancia de hemípteros	101
<b>Figura 4.23.</b> Abundancia (número de organismos)	101
<b>Figura 4.24.</b> Análisis de correspondencia (AC) para los taxones registrados	102

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 3.1.</b> Consolidado diario para el mes de febrero, temperatura, humedad, precipitación y brillo solar del año 2014. Estación la Trinidad.	52
<b>Tabla 3.2.</b> Consolidado diario para el mes de marzo, temperatura, humedad, precipitación y brillo solar del año 2014. Estación la Trinidad	53
<b>Tabla 3.3.</b> Consolidado mensual de la temperatura, humedad, precipitación y brillo solar durante el año 2014. Estación la Trinidad	53
<b>Tabla 3.4</b> Consolidado reportes mensuales de precipitación año 2014	55
<b>Tabla 3.5</b> Instrumentos utilizados en los procedimientos de determinación	58
<b>Tabla 3.6</b> Insumos y otros materiales para los procedimientos	59
<b>Tabla 4.1.</b> Densidad aparente (D.a) entre tratamientos (tipos de suelo)	71
<b>Tabla 4.2.</b> Humedad de los suelos (%H), entre tratamientos	74
<b>Tabla 4.3.</b> Análisis de varianza ANOVA para la humedad del suelo (%H).	75
<b>Tabla 4.4.</b> Infiltración de los suelos (I), entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas	77
<b>Tabla 4.5.</b> Análisis de varianza ANOVA para la infiltración del suelo (I).	78
<b>Tabla 4.6.</b> Potencial de hidrógeno (pH) entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas	80
<b>Tabla 4.7.</b> Análisis de varianza ANOVA para el potencial de hidrógeno (pH).	81
<b>Tabla 4.8.</b> Carbono orgánico (CO) entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas.	84
<b>Tabla 4.9.</b> Análisis de varianza ANOVA para el carbono orgánico (CO).	85
<b>Tabla 4.10.</b> Nitrógeno total (NT) entre tratamientos (tipos de suelo)	87
<b>Tabla 4.11.</b> Análisis de varianza ANOVA para el nitrógeno total (NT).	90
<b>Tabla 4.12.</b> TRmgCO entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas.	90
<b>Tabla 4.13.</b> Análisis de varianza ANOVA para el TRmgCO.	92
<b>Tabla 4.14.</b> Análisis de varianza ANOVA para la abundancia de Dípteros	95
<b>Tabla 4.15.</b> Análisis de varianza ANOVA para la abundancia de himenópteros.	96
<b>Tabla 4.16.</b> Análisis de varianza ANOVA para la abundancia de coleópteros.	97

<b>Tabla 4.17.</b> Análisis de varianza ANOVA para la abundancia de Lepidópteros.	98
<b>Tabla 4.18.</b> Análisis de varianza ANOVA para la abundancia de orthópteros	99
<b>Tabla 4.19</b> Análisis de varianza ANOVA para la abundancia de hemípteros	100

## Introducción

Con la necesidad de determinar y entender algunos de los procesos de tipo agrícola, respecto al manejo integral del suelo; Las quemas físicas de naturaleza controlada, son un tipo de práctica adoptada culturalmente por la mayoría de las comunidades rurales, las cuales la realizan de manera periódica, como complemento a las labores relacionadas con el manejo de ciertos cultivos y cuya finalidad es eliminar de manera rápida y eficaz tanto la continua aparición de arvenses no deseadas como su crecimiento, además la disminución de costos, mano de obra y tiempo de realización; así posteriormente efectuar las labores de establecimiento de un cultivo determinado.

Sin embargo, la quema controlada es un instrumento de manejo sumamente complejo al que sólo se debe recurrir con precaución cuando se conozcan de manera detallada las condiciones reinantes, a pesar de los beneficios inmediatos que inicialmente puede generar esta práctica agrícola, ya que es a través del tiempo que se evidencian las causas, consecuencias, efectos nocivos, daños irreversibles que sufre el suelo por el uso frecuente y la intensidad con que se aplique ésta quema.

Las prácticas agrícolas utilizadas en la mayoría de zonas cafeteras, es la quema de la vegetación y consecuentemente de los suelos, tanto para la instalación de cultivos, como la quema de los residuos de cosechas; formando éste parte importante de la crisis ambiental, reconocido como problema global, generando así problemas irreversibles como calentamiento global, efecto invernadero, pérdida de recurso suelo por erosión, debilitamiento de la capa de ozono, deforestación y pérdida de biodiversidad.

Además, la quema de los suelos para control de arvenses y la requema de los residuos en el campo generan problemas determinantes en la biología del suelo, inconformidad entre los habitantes de las poblaciones vecinas a los cultivos, debido a las cenizas y humo que producen.

Esta práctica, es utilizada por la mayoría de los agricultores de la zona de ladera del Tolima, donde se ha visto afectada negativamente la calidad del suelo y en consecuencia cada año obtienen bajos rendimientos y menores ganancias en sus cosechas. Por tal razón la importancia de experimentar y manejar métodos que contribuyan a mitigar el impacto que generan este tipo de prácticas. La zona cafetera del departamento del Tolima, no ha estado ajena al modelo de desarrollo implementado en el mundo, siendo los mayores problemas de deterioro del recurso suelo, como de la fragmentación inherente de los ecosistemas naturales propios del suelo, produciendo una pérdida de sus recursos y la degradación del medio ambiente.

Sin embargo, podrá ser un problema superado si se logra comprender mejor el efecto negativo de esta forma ancestral de manejo del suelo, generando una concepción lógica de los efectos de la quema del suelo como práctica agrícola; razón por la cual se llevó a cabo el presente estudio acerca del impacto de la quema controlada sobre algunas de las

características físicas, químicas y biológicas de dos series de suelos cafeteros ubicados en los municipios de Líbano y Casabianca del departamento del Tolima.

Por ello surge la problemática ¿cuál es el impacto de la quema física controlada como práctica agrícola sobre las características físicas, químicas y biológicas de los suelos en los municipios de Líbano y Casabianca, Tolima?

Es relevante destacar como el suelo es el soporte fundamental para la supervivencia y el desarrollo del hombre y las especies que lo acompañan. La prosperidad de los suelos seguirá manteniendo estrecha relación con la calidad de vida de los seres que habitan la Tierra. Por este motivo es necesario ofrecer escenarios idóneos para sensibilizar y concientizar a la población sobre la importancia del suelo y elaborar estrategias que garanticen su conservación y su manejo sustentable.

Existe gran preocupación por el manejo y conservación del suelo y su impacto en la dinámica económica, tecnológica, cultural, ambiental, social y de salubridad de las naciones, dado los crecientes problemas de degradación que afectan a nivel global dicho recurso. En Colombia, cuando se evalúa el impacto de las quemadas físicas como práctica agrícola en los suelos y lo que implica ocultamente esta labor en el deterioro del preciado recurso, más en ciertos cultivos donde se compromete el recurso edáfico sin tener en cuenta las generaciones venideras, puede suponerse: que para lograr un desarrollo de una agricultura sostenible se hace necesario que se encamine a una agricultura ecológica sostenible donde se racionalice o minimice el empleo de ciertas labores agrícolas perjudiciales para el medio ambiente en sí.

Por consecuente se hace necesario conocer cada día más la dinámica del suelo para entender y dinamizar procesos de educación en los que se divulgue los resultados que conlleven a la mitigación, protección tanto del recurso natural, como de los agroecosistemas.

Como profesionales, la ética y el servicio a la comunidad deben ser un compromiso hacia la construcción de una mayor y mejor calidad de vida hoy, como un mejor futuro para las generaciones que están por llegar; para ellas se requiere reevaluar la forma en que se deben utilizar los recursos naturales, que les permita tener la oportunidad de vivir dignamente.

# CAPÍTULO I

## 1. PROBLEMA Y OBJETIVOS

### 1.1 Formulación del Problema

#### 1.1.1 Descripción del problema de investigación.

Las quemas físicas de naturaleza controlada, son un tipo de práctica adoptada culturalmente por la mayoría de las comunidades rurales, las cuales la realizan de manera periódica, como complemento a las labores relacionadas con el manejo de ciertos cultivos y cuya finalidad es eliminar de manera rápida y eficaz tanto la continua aparición de arvenses no deseadas como su crecimiento, además la disminución de costos, mano de obra y tiempo de realización; así posteriormente efectuar las labores de establecimiento de un cultivo determinado.

Las quemas controladas se han convertido en una de las prácticas agrícolas más utilizadas en Colombia sobre todo en la producción cafetera, el uso del fuego en las plantaciones cafeteras, es una actividad que viene ejecutándose desde mucho tiempo atrás, la quema como práctica controlada, pre-siembra, nace de la necesidad de aumentar el rendimiento de los caficultores con ello se suprimió el peligro que para ellos representaban las culebras, avispas entre otros, además la quema de los residuos de la cosecha, lo cual comenzó a convertirse en una crisis ambiental generando problemas irreversibles del calentamiento global efecto invernadero, pérdida de recurso suelo por erosión, debilitamiento de la capa de ozono, deforestación y pérdida de biodiversidad

Uno de los problemas que enfrenta la agricultura actual, por la intensificación del uso del suelo es su degradación, generado por actividades de preparación de suelo para el buen establecimiento del cultivo, unas de estas prácticas es la aplicación del fuego para eliminar residuos de cosecha, causando pérdidas de materia orgánica. Esta práctica, es utilizada por la mayoría de los agricultores de la zona de ladera del Tolima, donde se ha reducido la calidad del suelo y en consecuencia cada año obtienen bajos rendimientos y menores

ganancias en sus cosechas, por tal razón la importancia de evaluar y manejar métodos que contribuyan a mitigar el impacto que generan este tipo de prácticas, además, la quema de los suelos para control de arvenses y la requema de los residuos en el campo generan problemas determinantes en la biología del suelo, inconformidad entre los habitantes de las poblaciones vecinas a los cultivos, debido a las cenizas y humo que producen.

Sin embargo, podrá ser un problema superado si se logra comprender mejor el efecto negativo de esta forma ancestral de trabajo, generando una concepción lógica de los efectos de la quema del suelo como práctica agrícola; razón por la cual se llevó a cabo el presente estudio acerca del impacto de la quema controlada sobre algunas de las características físicas, químicas y biológicas de dos series de suelos cafeteros ubicados en los municipios de Líbano y Casabianca del departamento del Tolima.

### **1.1.2 Planteamiento del problema.**

¿Cuál es el impacto de la quema física controlada como práctica agrícola sobre las características físicas, químicas y biológicas en los suelos de los municipios de Líbano y Casabianca, Tolima?

## **1.2 Justificación**

El suelo es el soporte fundamental para la supervivencia y el desarrollo del hombre y las especies que lo acompañan. La prosperidad de los suelos seguirá manteniendo estrecha relación con la calidad de vida de los seres que habitan la Tierra. Por este motivo es necesario ofrecer escenarios idóneos para sensibilizar y concientizar a la población sobre la importancia del suelo y elaborar estrategias que garanticen su conservación y su manejo sustentable.

Existe gran preocupación por el manejo y conservación del suelo y su impacto en la dinámica económica, tecnológica, cultural, ambiental, social y de salubridad de las naciones, dado los crecientes problemas de degradación que afectan a nivel global dicho recurso.

En Colombia, cuando se evalúa el impacto de las quemadas físicas como práctica agrícola en los suelos y lo que implica ocultamente esta labor en el deterioro del preciado recurso, más en ciertos cultivos donde se compromete el recurso edáfico sin tener en cuenta las generaciones venideras, puede suponerse: que para lograr un desarrollo de una agricultura sostenible se hace necesario que se encamine a prácticas agrícolas ecológicas y sostenibles donde se racionalice o minimice el empleo de ciertas labores agrícolas perjudiciales para el medio ambiente en sí.

Por consecuente se hace necesario conocer cada día más la dinámica del suelo para entender y dinamizar procesos de educación en los que se divulgue los resultados que conlleven a la mitigación, protección tanto del recurso natural, como de los agroecosistemas.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general.**

Evaluar el impacto de la quema física controlada como práctica agrícola sobre algunas de las características físicas, químicas y biológicas en dos series de suelos cafeteros ubicados en los municipios de Líbano y Casabianca, Tolima.

#### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- Determinar los efectos del impacto de la quema física sobre algunas propiedades físicas del suelo como: densidad aparente, porcentaje de humedad, e infiltración básica en dos Andisoles ubicados en los municipios de Líbano y Casabianca Tolima.
- Evaluar el efecto generado por la quema física en las propiedades químicas del suelo en los contenidos de pH, Carbono Orgánico, Nitrógeno, correspondientes a las dos series de Andisoles.
- Cuantificar el metabolismo de los suelos en estudio expuestos a la quema física controlada a través de la tasa de respiración.
- Identificar mediante índices de biodiversidad el impacto de la quema física controlada sobre la macrofauna edáfica activa y diversa; estableciendo indicadores y consecuencias de los suelos ubicados en los municipios de Líbano y Casabianca Tolima.

## CAPITULO II

### 2. MARCO DE REFERENCIA

#### 2.1 Antecedentes

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales.

En la investigación de *Castañeda Córdova, L. Z., Arellano Cruz, G., & Sánchez Infantas, E. (2007) [1]. Titulada Efecto de una quema controlada en los artrópodos epigeos de pasturas en la SAIS Túpac Amaru, Junín-Perú*. En su trabajo implementaron una quema controlada en la comunidad de artrópodos epigeos en los pastizales de la Sociedad Agrícola de Interés Social (SAIS) Túpac Amaru, Junín. Se encontró que La clase Taxonómica más abundante fue Collembola con el 59 %, seguida por Insecta con el 28%; el grupo funcional más abundante fue el detritívoro. Las variables comunitarias fueron influenciadas por la dominancia marcada de la morfoespecie Entomobryidae-01 antes de la quema, lo cual generó una disminución en la diversidad. Luego de la quema se dieron diferencias significativas en la abundancia y la diversidad alfa promedio de la artropodofauna ( $p < 0.05$ ), con relación a los registros previos a la quema; sin embargo estas diferencias se dieron en ambas parcelas sugiriendo un efecto estacional.

*Bernardis, Fernández, Céspedes Flores, Goldfarb, (2008). En su investigación Efecto de la quema prescrita de un pastizal sobre el balance de CO<sub>2</sub>*. Evaluaron el efecto de la quema prescrita de un pastizal con predominio de gramíneas sobre la emisión y captura de CO<sub>2</sub>. Tomaron muestras de la biomasa aérea viva y muerta. Después de los eventos de quema se colectaron las cenizas. El contenido promedio de C del material vegetal fue del 45 %. La cantidad de CO<sub>2</sub> liberado en promedio en forma anual para los eventos de quema fueron: 10.199 y 5.152 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente para T2 y T3. En T1 se encontró una tendencia creciente en el contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea viva y muerta, se consideró en equilibrio la emisión y la captura de CO<sub>2</sub>. y concluyeron que la captura de CO<sub>2</sub> en los tratamientos que recibieron quema fue mayor a la emisión de CO<sub>2</sub> durante el proceso de combustión de la biomasa.

A nivel mundial existen muchos trabajos sobre el efecto del fuego en rodales forestales (Wells *et al.*, 1979; Aguirre, 1981). Aunque, específicamente sobre las quemas controladas, estas evaluaciones se han hecho principalmente en Estados Unidos. De estas evaluaciones se puede concluir que los efectos del fuego varían de acuerdo a las condiciones del rodal, siendo las más importantes el tipo de combustibles y su contenido de humedad.

En México se han hecho pocas evaluaciones del efecto del fuego en los rodales forestales. Destaca un trabajo hecho por Sánchez y Dieterich (1983), en un rodal de *Pinus durangensis*. En éste se probaron dos épocas de quema (otoño e invierno), evaluándose la disminución de combustibles y el efecto en el suelo (nutrimentos, materia orgánica, pH, color y textura). Los autores concluyen, en forma preliminar, que las quemas controladas no tuvieron efectos significativos.

*Salcedo, R., & Isabel, A. (2014). Y su trabajo Efectos del incremento de la temperatura y las quemas sobre la mesofauna (Artrópodos) del suelo y la descomposición de hojarasca en un ecosistema de páramo en el Norte del Ecuador.* Concluyeron que las interrelaciones entre los elementos del ecosistema son estrechas y cuando se altera un factor puede cambiar los procesos ecológicos. Recomendamos realizar estudios que determinen los efectos a los que el páramo ya se enfrenta para tener un mejor entendimiento de cómo el cambio climático podría afectarlo.

### 2.1.2 Antecedentes nacionales.

En la investigación realizada por *Cardona, D., & Sadeghian, S. (2006) [2]. Titulada: Evaluación de propiedades físicas y químicas de suelos establecidos con café bajo sombra ya plena exposición solar.* En plantaciones de café con sombríos de guamo (Inga Sapp) y a libre exposición solar en ocho unidades cartográficas de suelo midieron 33 propiedades físicas y químicas en 40 cm de profundidad con el objeto de determinar los efectos en los agroecosistemas en suelos con cafetales a la sombra encontraron mayores valores de porosidad total y húmeda, mientras que la variable resistencia a la penetración, densidad aparente, temperatura, y los contenidos de potasio y azufre, fueron menores que en los cafetales a libre exposición.

En la investigación de *Bustillo, P. (2008). [3]. Titulada: Los insectos y su manejo en la caficultura Colombiana. Chinchinà (Colombia).* Las interacciones entre hormigas y otros insectos pueden afectar directa o indirectamente las plantas de café y su producción. Observaron 119 interacciones, Las interacciones se agruparon en tres tipos: mutualismo, comensalismo y depredación. Las asociaciones predominantes fueron las mutualistas facultativas (32%), seguidas por las comensalitas (30%). Asociaciones con hemípteros se observaron en un 53% de los casos, seguidos de coleópteros con un 27%. Se encontró una mayor riqueza de especies de insectos y de asociaciones en cafetales con sombra que en aquellos sin sombra. La complejidad estructural que presenta este tipo de agroecosistema provee más oportunidades para la fauna asociada.

*Carrascal, O. R., & Vergara, J. R. A. (2013).* Evaluación de cuatro distancias de siembras de la Flor de Jamaica *Hibiscus sabdariffa*. La metodología empleada consistió en un arreglo estadístico de bloques completos al azar, contando para ello con un testigo y tres tratamientos así como de tres réplicas para cada uno de ellos. Durante el desarrollo del cultivo se efectuó el manejo agronómico tradicional, que consistió en la desmalezada del lote, quema controlada, aplicación de herbicidas, ahoyado y siembra al trasplante del material vegetal. Entre las variables a evaluar, se consideraron días a floración, tiempo del período de antesis, número de flores a cosecha, peso, largo y ancho de los cálices, y la determinación del análisis económico. Como principales resultados se destacan el número de flores a cosecha de cada uno de los tratamientos, ancho de los cálices y el peso de los cálices que estadísticamente arrojó diferencias significativas.

## **2.2 Marco Teórico**

### **2.2.1 El suelo como ecosistema complejo y viviente.**

Se partirá de la definición moderna de lo que es suelo desde el punto de vista agrícola. Deckers, Spaargaren, & Nachtergaele (1998). [4].

El concepto actual del suelo nace en 1975, cuando varios científicos de la ciencia del suelo del mundo se reunieron en Estados Unidos de Norte América para producir el llamado Soil Taxonomy o sistema internacional para la clasificación de los suelos del trópico. (p. 4)

Para el actor González (2009) [5], quien cita los autores Dokuchaiev, y la de la escuela norteamericana, como Glinka, Marbut y Jenny Hans alude que:

Los aportes hechos alrededor de este concepto por científicos anteriores de la escuela rusa, como, quienes venían argumentando que el suelo no solamente era la capa superior de la tierra donde se desarrolla la mayor parte de raíces de las plantas, sino que debía verse como un cuerpo natural tridimensional (perfil de suelo) que contenía materia viva y era el resultado de la acción de factores formadores (clima, organismos, relieve y tiempo), sobre el material parental. (p. 1)

De acuerdo con lo anterior según argumenta Hans. (1941)[6]. “Se descartaba el concepto de capa arable y se le daba importancia a la evolución genética de lo que ocurría de la roca hacia la superficie”. (p. 281) A partir de estas apreciaciones se introdujo el factor formador, diciendo que según Hans. (1941)[7]. “es un agente, fuerza o combinación de estos, que influyen o puede influir en material parental de un suelo con el potencial de cambiarlo”. (p. 281)

Teniendo en cuenta lo planteado por Grisales, 1977; Papadakis, 1980 citados por Cormagdalena (2003) [8]. El suelo es la capa de material fino que envuelve la superficie de la tierra, la cual está formada por una mezcla de compuestos orgánicos, material mineral, aire y agua, que sirve de anclaje y crecimiento para las plantas, además de suministrar elementos nutritivos para las mismas. Que en opinión propia son en gran parte las que aportan los productos de consumo alimenticio y la materia prima.

Por su parte De las Salas (1987). [9].Presenta un concepto más preciso sobre el suelo donde hace inclusiones de palabras como:

Biológicamente activa, Desintegración, Alteración y residuos. Denominando suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella. (P. 36)

Según lo anterior se consolida el concepto de la interacción física, química y biológica como los agentes formadores de cualquier suelo.

Además Alarcón y Alonso Mielgo (2008). [10].reiteran términos como: clima, relieve y el hombre, dentro de la connotación del suelo como concepto.

El suelo constituye un recurso natural compuesto por minerales, órganos de plantas y animales en diferentes estados de alteración, agua, oxígeno y otros gases. Se forman a partir de las rocas o de materiales sueltos, que de manera progresiva se alteran por la acción del clima, el relieve y los seres vivos, entre los que se encuentran los seres humanos. Por ser un recurso en el cual la vida forma parte esencial de su creación y evolución, es susceptible a extinguirse o perecer, a pesar que dicho fenómeno no se ha percibido en el corto plazo. (p. 15)

Sin embargo los reportes científicos actuales especializados en el tema concerniente al suelo demuestran lo contrario, tal vez porque en la actualidad se está apreciando el deterioro de algunos recursos no renovables motivo por el cual es que se centra atención en como mitigar las alteraciones.

Gascó. 2001, citado por Alarcón y Alonso Mielgo (2008). [11].Señala que

*“el suelo es un ente natural que se forma mediante procesos de alteración de los minerales meteorizables, evolución de las materias orgánicas humificables, estructuración de las partículas agregables y migración de algunos componentes finos o de iones desplazables. En definitiva, un medio vivo y dinámico, en el cual se libra un diálogo biológico complejo entre plantas, organismos y el medio mineral que los acoge”.* (p. 17)

Se puede señalar lo anterior, al igual que lo expresado por De las Salas (1987)[12]; el suelo es el producto de unas interacciones físicas, químicas y biológicas, propiciadas por agentes precursores formadores de suelo como lo son clima, precipitación, temperatura, relieve, tiempo y actividad biológica, sobre el material parental donde se genera finalmente un sustrato natural tridimensional el cual actúa como un sistema complejo, dinámico, donde alberga gran parte de procesos bioquímicos fundamentales para el normal desarrollo de los ecosistemas de la tierra.

Desde un nuevo punto de vista complementario, se cita la apreciación planteada por Ramiro, Paula, y Betty (2010) [13]. Donde el significado físico tácito del suelo pasa a un plano complejo bioquímico en donde marca las diferentes funciones del suelo como ente vivo; sustentando así:

El suelo tiene funciones diversas y muy importantes para los ecosistemas terrestres y el medio ambiente del planeta, es el sustento para la vida vegetal y del cual las plantas obtienen soporte mecánico y muchos de sus nutrientes; es el hábitat para una gran diversidad, tanto del componente microbiano (bacterias, actinomicetos, hongos, algas, protozoarios y virus), así como de microorganismos (coleópteros, miriápodos, hormigas, colémbolos, nematodos, ácaros, larvas, mamíferos pequeños y reptiles); es el lugar donde se llevan a cabo la mayor parte de los ciclos biogeoquímicos de los ecosistemas terrestres (mineralización de la materia orgánica, nitrificación, fijación de nitrógeno y oxidación de metano, entre otros procesos). (p. 47)

**2.2.1.1 Materia Orgánica del Suelo y su Relación con otras Propiedades del Suelo.** La materia orgánica es uno de los componentes fundamentales de la naturaleza, pues a través de ella se sustenta la vida misma sobre el planeta; de allí, la importancia de conocerla en más detalle con el fin de propiciar acciones tendientes a su conservación y mejoramiento, mediante prácticas adecuadas de manejo. Los beneficios que se obtienen cuando este componente ingresa al suelo van más allá del aporte de los nutrientes para el desarrollo de las plantas.

Según Sadeghian. (2010). [14].

La materia orgánica afecta la naturaleza física, química y biológica de los suelos por medio de una mayor presencia y actividad de los organismos benéficos que contribuyen a crear un ambiente más sano y equilibrado, el control de algunos patógenos, el incremento de la porosidad del suelo, la retención de agua, la formación de estructuras más resistentes a la erosión, una mayor capacidad para retener elementos esenciales, establecer filtros para compuestos tóxicos y un ambiente más favorable para el crecimiento del sistema radical de las plantas. Por lo tanto, se espera que el mejoramiento de las propiedades del suelo vía materia

orgánica, conlleva a incrementar la producción de las especies cultivadas, al mismo tiempo que se favorece el medio ambiente. (p. 25).

Es decir la materia orgánica dentro del suelo desarrolla un protagonismo evidente porque es allí donde se concentra la mayor actividad biológica y es la que finalmente propicia estabilidad al sistema.

Según Jenkinson. (1971), [15] la materia orgánica consta de dos componentes importantes, el componente vivo y el componente muerto.

El Componente Vivo, es raras veces superior al 4% del total de la materia orgánica del suelo y está conformado por microorganismos, macroorganismos o fauna y raíces de las plantas. El Componente Muerto, un 98% del total de la MO en el suelo, está constituido por el subcomponente Humus y el subcomponente Macro. (p. 64)

Aseguran Peña, Et. Al (2002). [16].

La materia orgánica representa la principal reserva de carbono de la biosfera y constituye la principal fuente de carbono y nitrógeno en los ecosistemas terrestres y de su conservación depende en gran medida la vida del planeta. Para conservarla es necesario dirigir el proceso de transformación de los restos orgánicos hacia la formación de sustancias húmicas estables y con ello disminuir la emisión de gases a la atmósfera contribuyendo a atenuar el efecto invernadero y elevar la productividad de los ecosistemas terrestres. (p. 5)

Lo anterior implica no sólo cambio estructural en el sentido de alteraciones cuantitativas de sus elementos constitutivos, sino cambio en la acepción más completa del término, es decir, cuantitativo y cualitativo, de los elementos y de las funciones que se llevan a cabo en el sistema. Ya que un ecosistema se estructura mediante el conjunto de la comunidad biológica, comprendidas las especies y su número, la biomasa, los cuales comprenden una distribución de material abiótico “los nutrientes y el agua” y, finalmente, la amplitud o gradiente de las condiciones de existencia: temperatura, luz, etcétera.

Como indica Burbano. (2002), [17].

La descomposición de los residuos de plantas en el suelo es un proceso básico en el que el C re-circula en la atmósfera como CO<sub>2</sub> y se asocia con elementos como N, P, S y varios micro nutrientes en las formas requeridas por las plantas. En el proceso, algo del C es asimilado en los tejidos microbiales (biomasa del suelo); parte es convertida en humus estable. (p. 13)

Tal como plantea Burbano. (2002), [18]. en los párrafos anteriores es de considerar y resaltar la importancia que tiene la materia orgánica como un dinamizador de los procesos básicos de descomposición de materiales orgánicos, con destino a la formación de

sustancias húmicas estables, como también, desempeñando el papel de retenedor de carbono, para mitigar lo referente a desequilibrios ambientales.

Según Cardona, y Sadeghian (2006). [19].

La materia orgánica aumenta el contenido de humus del suelo, el cual a su vez aumenta su capacidad de intercambio de cationes y disminuye las pérdidas de nutrientes. La materia orgánica adicionada modera, además, las reacciones del suelo extremas (pH) y la consecuente disponibilidad de nutrientes esenciales y elementos tóxicos. Puesto que el Nitrógeno, Fosforo y Azufre se tienen fundamentalmente en forma orgánica, la abundancia de materia orgánica es especialmente importante para aprovecharlos. (p. 14)

Se ha encontrado que la materia orgánica produce más cementación por unidad de masa que la arcilla. (Back, 1975). Demolon y Hénin (1932), citados por Baver. 1972. En Rucks, García, Kaplán, Ponce, Hill. (2004), [20]. “Encontrando también que agregando a un sistema de arena de cuarzo humus coloidal o arcilla coloidal en cantidades iguales se produjo una agregación de 82,5% con el humus y de 31% con la arcilla”. (p. 26)

Al respecto, Bak y Cayssials (1974), citado por Ponce y colaboradores ( 2004 p. 15), [21].hallaron en muchos suelos del Uruguay que la materia orgánica sólo tiene relación con la estructura de los horizontes A, donde hay más materia orgánica, y que la arcilla tiene relación significativa sólo con la estructura de los horizontes B, donde hay más arcilla. Los elementos orgánicos capaces de producir uniones de partículas son los productos de la síntesis producida por los microorganismos, los productos de la descomposición que efectúan de los restos orgánicos y sus propios tejidos.

**2.2.1.2 El suelo y algunas interacciones de sus propiedades físicas.** Según Rucks. García. Kaplán. Ponce. Hill. (2004). [22].

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. 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 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. (p. 31).

Baver, Gardner y Gardner, (1972). [23].presenta datos concernientes a una de las propiedades físicas de suelo, en la que demuestra que “la agregación está correlacionada

positivamente con los contenidos de arcilla y materia orgánica. La correlación con la cantidad de materia orgánica es mayor cuanto menor es el contenido de arcilla y viceversa”. (p. 52)

Entre los cambios físicos se han reportado también disminución de la fracción arcilla Hubbert et al., (2006). [24]. “Lo que sumado a disminuciones en el contenido de compuestos orgánicos puede afectar la microagregación y conducir a la degradación de la microestructura del suelo” (p. 130). Ketterings, Bigham, Laperche, (2000), [25]. En experiencias a campo:

Encontraron un drástico aumento del contenido de arena, disminución de limo y principalmente de arcilla, cuando el suelo fue expuesto a temperaturas extremas (mayores a 600 °C) y a bajas temperaturas encontraron un aumento de la fracción arena en los primeros 5 cm del perfil. (p. 1108)

A su vez expone Ruiz (2001). [26].indicando:

La degradación del suelo se debe fundamentalmente a la combustión de la materia orgánica y al calor originado, produciendo alteraciones físicas negativas en el suelo, entre estas son destacables los cambios estructurales derivados de la destrucción de agregados que aglutina la materia orgánica. Esto conlleva a la pérdida de elementos finos (limo y arcilla), por la mayor disgregabilidad de las partículas que acaba dispersando el impacto de las gotas de lluvia y trasladando superficialmente con los arrastres, a otros horizontes del suelo formando capas impermeables al agua. (p.59)

En definitiva se produce un aumento en la escorrentía, favoreciendo la erosión en los terrenos, proporcionalmente a su pendiente, y una disminución de la porosidad que dificulta la infiltración del agua, con un balance negativo en la disponibilidad de agua que el suelo retiene.

Según, González (1987). [27].Otros efectos negativos en las propiedades físicas del suelo son “la pérdida de la esponjosidad que disminuye la aireación, y la formación de capas ladrillosas endurecidas al calentarse a gran temperatura suelos arcillosos”. (p. 12)

**2.2.1.3. El suelo y algunas interacciones de sus propiedades químicas.** Para el desarrollo de la temática de las propiedades químicas en las interacciones del suelo es importante citar algunos autores como Fassbender, y Bornemisza (1994). [28].

Quienes argumentan

Dentro de estas es recurrente impartir conceptos con base en el análisis químico elemental de los suelos ya que es un poderoso instrumento para su caracterización y comportamiento en largo plazo. Aunque esta información no sea de utilidad para estimar la fertilidad de los mismos, sí es necesaria para los estudios de formación de ellos. Al desarrollarse los suelos,

comúnmente ocurre un enriquecimiento de materia orgánica y la pérdida de diferentes elementos de mayor solubilidad que otros. (p. 72)

Por otro lado Blanco (2003). [29].indica que el pH del suelo tiene gran importancia ya que influye en la aprovechabilidad de los nutrimentos que requieren las plantas. El pH influye en la velocidad de descomposición de la materia orgánica y es un factor importante en la producción de nitratos en el suelo, considerados como una de las formas de utilización máxima del nitrógeno por la planta. (P. 85)

El pH, actúa como un reactor en los suelos agrícolas y naturales ya que los niveles de acidez del suelo determinan en cierto modo que especies vegetales se pueden cultivar en determinados terrenos, además el pH tiene influencia en la genética del suelo, además es un gran influyente en el debido desarrollo de la actividad microbiana, todos los procesos en los que interviene el pH se modifican con el paso del tiempo y se generan cambios bruscos en las reacciones del suelo, debido a su vital importancia dentro de los procesos químicos del suelo, estos podrían dar resultados catastróficos en cuanto al comportamiento del suelo frente a los microorganismos

Para Wade y Lundsford (1990). [30].

Las quemaduras de baja intensidad aceleran el proceso que consiste en devolver al suelo los nutrientes para que queden al alcance de las plantas. En algunas condiciones la quema incrementa la fijación de nitrógeno en el suelo, el nivel de fósforo disponible aumenta en los suelos arenosos y se liberan cationes básicos que contribuyen a neutralizar la lluvia ácida. (p, 42).

Las quemaduras siempre van a afectar las características químicas, físicas y biológicas del suelo, estas quemaduras se pueden presentar en diferente frecuencia según se requiera, en las cuales se tienen en cuenta su frecuencia, duración e intensidad. Las quemaduras controladas son un método muy utilizado en el manejo de cultivos en Colombia en los cuales se ven algunos cambios en cuanto a la cantidad de materia orgánica superficial. Es reconocido en el sector agronómico colombiano que no siempre estas quemaduras se realizan en la forma técnica que se debe realizar, esto puede afectar la materia orgánica y la alteración de la estructura de las arcillas del suelo.

Correa y otros (1987 P. 332), [31]. Afirma que el efecto de las quemaduras sobre el suelo depende de las condiciones de humedad de este, si la quema se realiza al final del verano cuando llegan las primeras lluvias, se mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas, estos mismos autores no reportaron cambios en la estabilidad del suelo luego de ser sometido a una quemadura, de igual manera Martínez; Gutiérrez y Novo. (2011) [32]. Afirman que la degradación del suelo se presenta cuando se da la pérdida de la materia orgánica y esta pérdida depende de la humedad del suelo al momento de la quema.

Según Su y Katagiri (1997) [33].

El aumento de temperatura durante la quema puede conducir a pérdidas de nutrientes en las primeras capas del suelo. Un estudio llevado a cabo en Japón, demostró que el nitrógeno, uno de los nutrientes básicos de las plantas, se puede reducir notablemente luego de la quema. La cantidad de NH<sub>4</sub>-N absorbido por el IER (resina de intercambio iónico) aumentó significativamente en el suelo de la superficie de inmediato a 8 semanas después de la quema. La cantidad de NO<sub>x</sub> absorbido por-N IER en todas las capas del suelo aumentó significativamente durante 3 meses después de la quema. En el estudio, el nitrógeno de la capa superficial del suelo se redujo de 31 kilogramos por hectárea inmediatamente después de la quema a menos de 7 kilogramos por hectárea en 11 meses. (p. 66)

Otra investigación estudió la pérdida de nutrientes provocada por el fuego en una sábana de *Trachypogon* localizada en Calbozo, Venezuela. Según Hernández-Valencia y López-Hernández (2002). [34].

Alrededor del 95% de la biomasa, 97% del N, 61 % del P, 76% del K y 65% de Ca y Mg fueron transferidos a la atmósfera. La deposición de ceniza devolvió entre 21-34% de Mg, Ca, K y P y 0.2% de N. Los datos previos indicaron que la precipitación y la fijación atmosférica (en el caso del N) podrían reemplazar el resto de N, K y Mg transferido a la atmósfera. Como consecuencia de las quemaduras frecuentes (anuales o bianuales), el suelo de la sabana mostró menor contenido de materia orgánica y menor disponibilidad de P y K cuando se le compara con una sábana protegida durante 32 años. (pp. 3-4).

Se considera que los efectos negativos sobre el suelo no ocurren por el simple hecho de las quemaduras, sino que sobrevienen de acuerdo con la frecuencia y magnitud de la quema. En aras de una agricultura que garantice la seguridad alimentaria de los agricultores, sus familias y comunidades, es necesario buscar alternativas que sustituyan o controlen la práctica de tumba y quema, de manera que se reduzca la destrucción de los suelos y así mantener o mejorar su fertilidad y, consecuentemente, su productividad.

Según Garavito (1979). [35].

Es una de las propiedades físico-químicas más importantes de los suelos, ya que de él depende gran parte de la disponibilidad de los nutrientes para las plantas, ya sea porque determina su solubilidad, como porque controla la clase y tipo de actividad microbiológica y por tanto, la mineralización de la materia orgánica. También tiene efecto directo sobre la concentración de iones y sustancias tóxicas, la Capacidad de Intercambio Cationico (CIC) de suelos y raíces, enfermedades de las plantas y otras propiedades importantes. (p. 56)

Como conclusión podríamos exponer que el conocimiento del suelo y su manejo constituyen herramientas básicas para aumentar la producción de alimentos de modo

sostenible. El mal uso del recurso suelo da como resultado suelos improductivos, debido a la erosión, a la aplicación incorrecta de riego y al mal uso de fertilizantes y enmiendas solo el manejo adecuado de los suelos garantiza el desarrollo sostenible.

### **2.2.2 Interacción de la actividad biológica del suelo en las diferentes propiedades edáficas.**

Las propiedades físicas y químicas del suelo tienen una influencia notable sobre la cantidad de microorganismos, las concentraciones de sustratos, enzimas y nutrientes inorgánicos en el suelo, y en consecuencia sobre las actividades microbiológicas y bioquímicas (Chirinos, Campos y Mogollón. 2013) [36].

Se han desarrollado numerosos métodos con el objetivo de examinar cuantitativa y cualitativamente las poblaciones microbianas en diversos ecosistemas (Hurst Crawford, Garland, y Lipson 2007) [37].

Varios autores han estudiado los aspectos benéficos relacionados con la biomasa microbiana del suelo. Es el mejor canal de transferencia de los nutrientes orgánicos a las plantas, Cano, (2011). [38]. Es un agente de cambios bioquímicos en el suelo y un dispensador de nutrientes para la planta, Brookes, Landman, Pruden, y Jenkinson (1985 p. 837) [39]. Hace parte viva de la materia orgánica, excluyendo raíces y algunos organismos, Jenkinson, y Powlson (1976) [40].

Según Correa, Ruiz, y Arévalo. (2005). [41].

La degradación de los residuos de plantas y animales en el suelo, constituye un proceso básicamente biológico, en el cual, el carbono es reciclado a la atmósfera como dióxido de carbono, el nitrógeno es transformado en una forma aprovechable por las plantas como amonio y nitrato; otros elementos asociados (fósforo, azufre y varios microelementos) son liberados en forma disponible para las plantas superiores. En ese proceso, parte del carbono es asimilado en los tejidos microbianos (biomasa microbiana), y otra parte es convertido en sustancias húmicas estables (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas), así lo expresa (p. 71).

Además Cano, (2011). [42]. sostiene que

La comunidad microbiana del suelo es un componente lábil de la fracción orgánica, contiene de 1 a 3% del carbono total y hasta 5% del nitrógeno total del suelo. Las características físicas, químicas y biológicas del suelo, así como la presencia de plantas, tienen influencia sobre el número y la actividad de las poblaciones microbianas. (p. 37)

Según Lavelle 2000, Pankhurst et al. 1994, 1997. (Citados por Brown, G. G., Moreno, A. G., Barois, I., Fragoso, C., Rojas, P., Hernández, B., & Patrón, J. C. 2004). [43]. Sostiene Los invertebrados-plagas reciben mucha atención y representan enormes gastos de millones de dólares anualmente por parte de los agricultores e investigadores, mientras que los invertebrados benéficos reciben relativamente poca atención. Generalmente se da por hecho su acción y en pocas ocasiones se hace algún cambio en el manejo del ecosistema para beneficiarlos. Sin embargo, es probable que la degradación física y química del suelo, o sea la pérdida de su estructura (por efecto de la erosión, sedimentación, disgregación o compactación) y fertilidad (materia orgánica, nutrientes), esté íntimamente relacionada con la disminución de las poblaciones o la pérdida cuantitativa y/o cualitativa de invertebrados clave de la macrofauna edáfica que regulan el ciclo de la materia orgánica y la producción de estructuras físicas biogénicas. (p. 313)

Como es de esperarse, las intervenciones realizadas en los ecosistemas ocasionan cambios sobre diversos aspectos. Cardona, y Sadeghian (2005). [44]. han encontrado que la transformación de bosques en cultivos intensivos producen alteraciones en el microclima, el ciclo hidrológico, el balance de energía y la fauna y la flora del suelo; así como la reducción en el reciclaje de nutrientes, el contenido de materia orgánica y las bases intercambiables. De la misma forma, los cambios en los sistemas de uso y manejo de los cultivos traen consigo modificaciones sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. (p. 56)

Es determinante el fenómeno llamado "Respuesta biótica", en referencia al rápido aumento de la actividad microbiana que se efectúa inmediatamente después de la quema, como resultado del incremento en el pH y el suministro de cationes y fósforo. Este aumento repentino de la actividad por parte de los microorganismos da lugar a una consecuente subida en la disponibilidad de nutrientes durante un corto tiempo. Martínez y Becerra (2007). [45].

### **2.2.3. Principales organismos de la biota edáfica**

La biodiversidad del suelo está determinada por la biota edáfica la cual presenta gran variedad de organismos vivos, comprendiendo innumerables microorganismos invisibles (por ej. bacterias y hongos), la microfauna (por ej. protozoarios y nemátodos), la mesofauna (por ej. ácaros y tisanuros) y la macrofauna, mejor conocida (por ej. lombrices y termitas). Las raíces de las plantas también pueden considerarse organismos del suelo debido a su relación simbólica e interacción con los demás elementos del suelo. Estos diversos organismos interactúan entre sí y con las diversas plantas del ecosistema, formando un complejo sistema de actividad biológica. (García-Álvarez y Bello, 2004). [46].

La microfauna está constituida por animales acuáticos que se encuentran entre las partículas del suelo, miden menos de 0,2 mm y se incluyen, fundamentalmente, protozoarios, rotíferos y nemátodos.

La mesofauna es una categoría zoológica cuyos componentes viven toda su vida en el suelo, la cual incluye: ácaros (Acari), colémbolos (Collembola), sínfilos (Symphyla), proturos (Protura), dipluros (Diplura), paurópodos (Pauropoda), tisanópteros (Thysanoptera), socópteros (Psocoptera), enqui- treidos (Enchytraeidae) y polixénidos (Polixenida) de 0,2-2,0 mm de diámetro. Muchos de estos grupos son bioindicadores de la estabilidad y la fertilidad del suelo (Cabrera y Crespo, 2001).

Por último la macrofauna se encuentra compuesta por organismos de más de 2.0 mm de longitud, que se mueven activamente a través del suelo y pueden elaborar galerías en las cuales viven. Forman parte de este grupo los isópodos (cochinillas), quilópodos (ciempiés), Diplópodos (milpiés), arácnidos, moluscos, formícidos (hormigas), isópteros (termitas), coleópteros y oligoquetos (lombrices de tierra). (Cabrera y Crespo, 2001). [47].

Los invertebrados terrestres juegan un papel importante en la productividad de los agroecosistemas, no sólo como plagas o vectores de patógenos, sino también como benefactores por su “capacidad de alterar el ambiente superficial y edáfico en el cual se desarrollan las plantas”. Lavelle (1993. P.6) (Citado por Citados por Brown, G. G., Moreno, A. G., Barois, I., Fragoso, C., Rojas, P., Hernández, B., & Patrón, J. C. (2004) [48].

#### **2.2.4. Clasificación de la biota edáfica**

Según, (Bello (2001) [49]. “Los organismos más representativos tanto de la mesofauna como de la macrofauna edáfica pertenecen a los filones Arthropoda y Annelida. Ellos contribuyen con su trabajo, al desarrollo del suelo y la conservación de su fertilidad”. (p. 97) Es especialmente significativa la participación de los colémbolos y los ácaros, ya que constituyen las mayores poblaciones de artrópodos del suelo. Otros grupos importante son según Bello (2001) [50]. “Myriapoda dentro del cual se destacan los Quilópodos, junto con los Sínfilos y los Diplópodos; en Insecta es importante resaltar la actividad de los Isópteros (termitas), Dípteros, Himenópteros (hormigas), algunos Lepidópteros y, muy especialmente los Coleópteros (cucarrones)”. (p. 120)

### 2.2.5. Microfauna.

Según (Arias. 2001). [51]. Componen la microfauna animales muy pequeños que solo pueden ser vistos con microscopio, con características intermedias entre las de los animales y las de los vegetales, como son los protozoarios (ameba, pseudopodos), los nematodos y otros. (p. 69)

Por ejemplo: los nematodos son organismos multicelulares, generalmente microscópicos. Tienen forma de gusano delgado, son cilíndricos y alargados; pueden ser fitoparásitos, que producen daños a las plantas, zooparásitos, que producen daños a otros animales, incluso al hombre y saprófagos o de vida libre, los que no causan daño alguno y viven de la materia muerta. (Arias. 2001 p. 69). [52].

De acuerdo con Arias. (2001). [53].

Los fitoparásitos poseen un estilete como una aguja con el cual perforan las células de las plantas de las que se alimentan. Al perforar las células producen heridas por donde ingresan hongos y bacterias patógenas, que causan enfermedades a la planta. En el caso de raíces como la zanahoria, esta perforación con el estilete produce deformación del fruto. (p. 69).

### 2.2.6. Macrofauna.

Está compuesta por animales de mayor tamaño, como las lombrices, ciempiés, insectos (hormigas), moluscos (caracoles, babosas), (Arias. 2001). “Haplotaxidas, Diplópodos, Quilópodos, Coleópteros, lepidóptera, Himenópteros y Dípteros, entre otros”. (p.69)[54].

**2.2.6.1. Haplotaxidas.** Bello, Chamorro (2001).[55]. Afirma que se conocen alrededor de “4500 especies de lombrices de tierra identificadas taxonómicamente; el 92% son endémicas o de distribución restringida y solamente el 8% son peregrinas o de amplia distribución en el globo terráqueo”; las zonas desérticas y los nevados son prácticamente las únicas limitantes naturales para su migración.

De este grupo, como ejemplo, Arias. (2001). [56], expresa

Las lombrices de tierra; ellas son una fábrica de humus. Se alimentan de residuos orgánicos y excretan humus. Si los residuos tienen altas cantidades de sólidos, las lombrices producen más abono; si contienen mucha agua se reduce la producción de abono. Dependiendo del alimento, diez toneladas de desechos por año se pueden transformar de una a cuatro toneladas de abono. (p. 71).

Por tanto Arias. (2001). [57].se tiene

Las lombrices son sensibles a la temperatura, y la óptima es de 25°C. En condiciones frías y zonas áridas, las lombrices permanecen inactivas y, a altas temperaturas, se desecan y puede morir. Requieren de mucha agua en la orina. El 80 a 90% del peso de una lombriz viva es agua. El rango óptimo del pH del suelo para las lombrices es de 6,8 a 7,2 sin embargo, dependiendo de la especie, oscila entre 3,5 y 8. (p. 71).

Sin embargo Chamorro. (2001). [58].

Las lombrices de tierra se adaptan y soportan sin mayores dificultades alteraciones climáticas y de alimentación, pero son sensibles a cambios de humedad del suelo ya que ésta es esencial no solamente para mantener el equilibrio fisiológico del organismo, sino también como medio para evitar y prevenir lesiones epiteliales. (p. 102)

“Las lombrices no soportan la insolación directa, las quemadas, y el uso de agroquímicos afecta negativamente la vida de las lombrices y el resto de microorganismos del suelo”. Así, los fertilizantes y los plaguicidas las intoxican y afectan su reproducción y su hábitat. (Arias. 2001 p. 71). [59].

(Chamorro. 2001), [60].Sostiene que además de “las funciones atribuidas a las lombrices de tierra, éstas son consideradas indicadores biológicos de alta sensibilidad ante la presencia de contaminantes, especialmente agroquímicos”. (p. 102) Ante la agregación de fertilizantes orgánicos, las poblaciones de lombrices se incrementan significativamente y gracias a su metabolismo ejercen un efecto positivo sobre las poblaciones de microorganismos.

Del mismo modo Heredia, Fernández, y Mena (2012.).[61].Desde el punto de vista de su habilidad ecológico, las lombrices se clasifican en:

- Endogeas: Habitan en niveles profundos del suelo, cavando galerías. Se alimentan de materia orgánica y los minerales presentes en el suelo. Poseen baja tasa de reproducción y no desarrollan pigmentos.
- Anécicas: Cavan sus galerías en el suelo, en forma de U. Allí pasan la mayor parte del tiempo. Por las noches salen a la superficie en busca de restos orgánicos, los cuales introducen en suelo y lo ingieren junto con partículas minerales. Este tipo de lombriz cumple un papel muy importante en la aireación y acondicionamiento del suelo (desmenuzamiento, neutralización del PH, aportes de microorganismos, etc.). A este grupo pertenece la lombriz de tierra o lombriz común (*Lumbricusterrestris*).
- Epigeas: A esta especie pertenecen las lombrices que preferentemente se utilizan en la lombricultura. No cavan galerías, viven en la superficie de los suelos, en acumulaciones de materia orgánica. Esta particularidad, origina que estén en constante peligro, ya sea por la acción directa del hombre o

por otras causas, como las inundaciones, el frío, los incendios, la escasez de alimento y otros factores. No obstante este grupo posee determinadas características que le permiten sobrevivir, como son: su alta capacidad de reproducción, de aprovechamiento del alimento y su capacidad de reproducir capullos resistentes. (p. 2)

Del total de las más de 8000 especies conocidas, solamente alrededor de media docena de lombrices epigeicas pueden ser utilizadas en la degradación de residuos orgánicos, y por ello en los sistemas de lombricultura.

**2.2.6.2. Diplópodos.** Llosa, (2003). [62]. “Los milpiés o Diplópodos (clase Diplopoda) son la segunda clase más numerosa de los mandibulados. Sin embargo, la cantidad de especies de este grupo (alrededor de 7500) es insignificante, en comparación con los insectos”. (p. 296) Estos animales, al igual que los quilópodos, carecen de la capa cérea que cubre a los insectos y por eso se ven forzados a vivir en lugares protegidos de la desecación como: troncos podridos, humus y hojarasca.

Además Hoffman. 1974; Enghoff, 1990, Citados por Bueno y Rojas. (1999). [63]. Los Diplópodos (Clase Diplópoda), comúnmente conocidos como milpiés, son un grupo de artrópodos que se diferencian del resto de los miriápodos (Chilopoda, Symphyla y Pauropoda) por tener el cuerpo formado por diplosegmentos, producto de la fusión de los escleritos de dos segmentos, el prozona y el metazona. Cada diplosegmento, excepto los primeros cuatro o cinco, presenta los dos pares de patas correspondientes a los segmentos que lo forman. (p. 59)

Los milpiés son un componente importante de la fauna del suelo tanto en ecosistemas templados como cálidos (Hoffman, 1990; Crawford, 1989), en donde pueden presentar densidades hasta de 1126 ind/m<sup>2</sup> en bosques tropicales (Adis 1987) Y de 362 ind/m<sup>2</sup> en bosques templados (David. 1990). Citados por Bueno y Rojas. (1999 p. 59). [64].

Estos animales participan activamente en la dinámica del suelo, ya que sus actividades de horadación modifican la estructura del suelo incrementan su porosidad y la capacidad de retención de agua, facilitando así los procesos de transporte de nutrientes (Anderson, 1938). Su principal acción es la fragmentación y el consumo del material vegetal en descomposición. (Crawford 1992). Citados por Bueno y Rojas. (1999 p. 59). [65].

**2.2.6.3. Quilópodos- Chilopodos.** Citando a Cupul-Magaña. (2013)[66].”Los ciempiés (Chilopoda) son artrópodos terrestres pertenecientes al subphylum Myriapoda (considerado como un grupo monofilético), dentro del cual también están incluidos los milpiés (Diplopoda), los sínfilos o ciempiés de jardín (Symphyla) y los paurópodos (Pauropoda)”. (p. 17).

Coincidiendo con, Edgecombe y Giribet (2007), Citados por Cupul-Magaña. (2013). [67]. “Los ciempiés o quilópodos son animales típicamente solitarios y de ellos se conocen alrededor de 3110 especies a nivel mundial” (p. 18). (Citado por Cupul-Magaña. 2013). Su presencia sobre la faz de la Tierra se remonta al Paleozoico, hace aproximadamente 420 millones de años.

Por su parte, Santa María (2009). [68].

Los quilópodos o ciempiés y los Diplópodos o milpiés, son artrópodos mandibulados que viven en medios terrestres, húmedos o secos. Se caracterizan por tener un cuerpo largo y segmentado con muchas patas. Estos animales presentan cabeza, en la que se observan antenas, ojos, mandíbulas y maxilas; las antenas son segmentadas y las maxilas presentan el segundo par soldado para formar una estructura llamada labio. (p. 64)

Sostiene Minelli 2011. Citados por Cupul-Magaña. (2013 p. 18). [69]. “que el término Chilopoda que da nombre a la clase, significa “pata de labio”, ya que se especula que las forcípulas fueron un par de patas que evolucionaron hasta convertirse en colmillos”.

Seguidamente Marshall y Williams. (1985), [70]. “Tanto los ciempiés, como los milpiés y las arañas, carecen también de músculos extensores, teniendo que utilizar la presión sanguínea para extender los apéndices”. (p. 602) Esto significa que el cuerpo no puede tener la rigidez del de los insectos, pues la pared del cuerpo tiene que responder a la presión derivada del aumento o disminución de la presión sanguínea.

De acuerdo con Lewis 1981, Hoffman 1982, Minelli 2011 b, Müller et al. (2011). Citados por Cupul-Magaña. (2013). [71].

Los quilópodos o ciempiés se caracterizan por poseer un cuerpo comprimido dorsiventralmente, que mide en promedio entre 1 cm a 10 cm, y que se divide en cabeza, tronco multisegmentado y un segmento terminal cuya composición es incierta (es común que aloje los órganos reproductivos). Cada segmento del tronco ostenta un par de patas que se extienden lateralmente. El último par de patas está generalmente modificado; su función puede ser locomotora, sensorial o para sujetar. La cabeza posee un par de antenas casi siempre alargadas y en cuya base se localiza el órgano de Tömösváry, el cual posiblemente detecte dióxido de carbono. Además, se observan ojos simples o compuestos (aunque los hay sin ojos), mandíbulas, así como un par de maxilípedos o colmillos para inyectar veneno e inmovilizar a sus presas y que reciben el nombre de forcípulas. (p. 20)

Además, Marshall y Williams. (1985). [72]. Los ciempiés Geofilomorfos, horadan el suelo de manera parecida a como lo hacen las lombrices de tierra, pero los representantes de los otros tres órdenes son especies que merodean por la superficie, siendo lucífugos y

nocturnos en su mayoría. Atacan a Gusanos, Moluscos y a otros artrópodos; incluso capturan Insectos alados, acechándolos cuando reposan. Las especies que merodean activas por la noche, se encuentran con cierta facilidad debajo de la hojarasca, de las piedras. (p. 602)

Forman parte importante de la fauna del suelo de desiertos, estepas, cuevas, zonas costeras, selvas y bosques de las regiones tropicales, subtropicales y templadas del planeta (hay especies sin antrópicas, adaptadas al ambiente urbano). (Cupul-Magaña. 2013). [73].

#### **2.2.6.4. Coleópteros.** Según Márquez (2004). [74].

Los coleópteros son insectos conocidos con los nombres comunes de escarabajos, mayates, toritos, peloteros, estercoleros, catarinas, luciérnagas, etc. Los adultos se caracterizan porque su primer par de alas están endurecidas, formando un estuche que protege al segundo par de alas y a las partes blandas del abdomen. Este primer par de alas se llaman élitros, mientras que el segundo par son membranosas y las utilizan para volar. (p.21)

“Se conoce más de 400 mil especies en el mundo y cada año la cifra aumenta” (Márquez 2004 p. 21). [75]. “Constituyen el grupo biológico con el mayor número de especies en el planeta, superando a cualquier otro grupo de insectos y grupos tan populares como las plantas, las aves y los mamíferos” (Márquez 2004 p. 21). [76].

Según Bello, Chamorro (2001). [77].

Este grupo, con más de 6000 especies clasificadas taxonómicamente es, al igual que Díptera, el más diverso y abundante de la clase Insecta. La presencia de Coleóptera en el suelo deriva en la transformación de residuos biodegradables, especialmente estiércol depositado sobre la superficie, el cual al ser transformado es posteriormente incorporado al sistema edáfico en forma de crotovinas, a través de los túneles y canales que los coleópteros excavan con lo que se facilitan la infiltración del agua del suelo y el proceso de aireación. (p. 6)

Del mismo modo Cultid; Medina; Martínez; Escobar; Constantino y Betancur. (2012). [78].

Al remover y enterrar el recurso los coprófagos contribuyen a mantener la fertilidad y aireación del suelo; por ejemplo, la actividad de estos insectos genera condiciones aeróbicas bajo las cuales proliferan bacterias responsables de la mineralización de materia orgánica en el suelo, (P. 33)

Por otro lado Márquez (2004). [79].

Un gran número de coleópteros participa activamente en el reciclaje de materia orgánica en descomposición, al alimentarse de carroña, madera,

fruta, hongos, etc. Como un proceso natural, los escarabajos llamados peloteros o estercoleros se utilizan en sitios donde el ganado bovino satura con su excremento el suelo, reduciendo considerablemente el crecimiento del pasto del cual se alimenta; su presencia no sólo elimina el excremento en exceso, sino que fertiliza los suelos y favorece el crecimiento de vegetales. También se ha calculado la cantidad de materia vegetal en descomposición que pueden procesar los coleópteros, llegando a ser de varias toneladas al año. (p. 21)

Durante los diferentes estadios del ciclo biológico, estos organismos, característicos del suelo, depositan además de sus exuvias todo su cuerpo, o parte de él, incrementando así la fase orgánica del sistema edáfico; así mismo, los residuos metabólicos excretados por los escarabajos o coleópteros aumentan los niveles de fósforo y potasio, esenciales en la relación suelo – planta.

Igualmente, “la actividad de estos escarabajos está asociada a la dispersión secundaria de semillas y a la reducción de la incidencia de algunos parásitos”, (Cultid; y colaboradores. 2012). [80]. En este sentido, si las hormigas, termitas y lombrices de tierra son llamados los “arquitectos del suelo” (Lavelle, 2006), Citado por Cultid; y colaboradores (2012), [81]. Podemos decir que los escarabajos coprófagos son los “tractores ecológicos del suelo”. (Cultid; y colaboradores 2012)[82].

“El papel de la diversidad de escarabajos coprófagos en la dinámica ecológica de diferentes ecosistemas tropicales ha sido extensamente documentado”. (Cultid; y colaboradores 2012) [83].

#### **2.2.6.5. *Lepidópteros*.** Según (Bustillo 2008), [84].

El orden Lepidoptera comprende las mariposas y polillas, es uno de los órdenes de mayor importancia por el gran número de especies plagas en cultivos agrícolas, plantaciones forestales y pastizales. Las mariposas (lepidópteros diurnos) presentan colores vistosos, mientras que las polillas (lepidópteros nocturnos) son de colores sobrios, que les permite generalmente camuflarse con los sustratos sobre los cuales permanecen en reposo durante el día. (p. 52)

Cabe recoger como sintética y general la definición de Bourgogne (1951), Citado por Palanca. (1987). [85]. “Los lepidópteros son insectos holometábolos que poseen cuatro alas membranosas con nerviaciones (venas), transversales poco numerosas”. El conjunto del cuerpo, los apéndices y las patas están cubiertos, en mayor o menor densidad, por escamas.

Las mandíbulas están atrofiadas en el adulto, y las maxilas transformadas en trompa succionadora (o apta para chupar) que permanece enrollada en espiral

durante el reposo. La larva, en cambio, es eruciforme y tiene las piezas bucales masticadoras bien desarrolladas. (p. 43)

“El orden Lepidóptera consta de dos subórdenes: Rhopalocera (mariposas, cerca de dieciséis mil especies) y Heterocera (palomillas, más de ciento cincuenta mil especies) y sin duda se encuentra entre los grupos más familiares de insectos del mundo”. (Bailowitz y Palting. 2010). [86].

Dajoz. (2000)[87].

Algunos Lepidópteros nocturnos como los Biston, Operophtera y Erannis de la familia de los Geométridos son activos a partir de 5 a 6 grados. Pero la mayor parte de las especies, tanto diurnas como nocturnas, exigen una temperatura superior a 15 grados para volar. Los días calientes, tranquilos y soleados así como las noches calmas y tempestuosas son las más propicias a los desplazamientos de los lepidópteros y de otros insectos. (p. 12)

“El gorgojo *Brachyderes incanus* causa grandes daños en las plantaciones de pinos silvestres. Sus imago devoran las acículas y sus larvas viven en el suelo a expensas de las raíces”. (Dajoz. 2000). [88].

Ellas sólo se desarrollan si la temperatura es alta, en consecuencia, cuando la radiación solar alcanza directamente el suelo, lo que tiene lugar en el caso de una población aún joven. Desde que las cimas se tocan, el suelo ya no está tan caliente y el desarrollo del curculión es más difícil. Lo que reduce los riesgos de pululación.

De acuerdo con (Palanca. 1987 p. 43). [89]. El papel de los lepidópteros en los ecosistemas, se refiere fundamentalmente a su “función relevante de consumidores primarios, en el transcurso de su fase larvaria”. Las orugas pueden en ocasiones producir impactos de considerable importancia.

Afirma además Bello, Chamorro (2001) [90]. que solamente los estados “larvales y pupales de las mariposas tienen relación directa aunque pasiva con el ambiente edáfico, a través de sus hábitos alimenticios de tipo fitófago”.

**2.2.6.6. Himenópteros.** Actualmente, se “conocen 108.000 especies de himenópteros en el mundo, se han descrito 17.200 especies para Estado Unidos de América y Norte de México”, (Borrór. 1992), Citado por Escoto; Cruz y Delgado. (2001 p. 21). [91].

Además según Barrientos y Abelló (2004), [92].

Los himenópteros constituyen uno de los órdenes de insectos considerados “Hiperdiversos”, del que se conoce cerca de 200.000 especies. Estudios realizados en zonas tropicales húmedas muestran que aún existen muchas especies desconocidas, particularmente en lo que se refiere a los himenópteros Parasítica, por lo que estimaciones de distintos autores indican

que la diversidad de este grupo ha de ser mucho mayor (entre 250.000 y 500.000 especies). Este orden está representado prácticamente en todos los ecosistemas el planeta, habiendo incluso especies temporalmente acuáticas y especies cavernícolas. (p. 813)

En general se puede afirmar que, a pesar de la variedad de formas, existe una gran homogeneidad en el plan morfológico estructural de los himenópteros. Esta homogeneidad contrasta con la amplia gama de comportamientos, que van desde la fitofagia hasta la depredación y el parasitismo (incluida la inducción de agallas), y desde formas de vida solitarias hasta el mutualismo e incluso la formación de sociedades más o menos complejas. (Barrientos y Abelló. 2004 p. 813). [93].

Según, (Escoto; Cruz y Delgado. 2001 p. 21), [94].se considera que los Himenópteros se pueden encontrar en muy diversos hábitats. La mayoría de ellos es posible localizarlos en flores o en el follaje de las plantas. Tal es el caso de *Apis mellifera* y *Megachilefidelis*. Sin embargo, algunos viven en el suelo o en los desechos. Por otra parte, una gran cantidad de himenópteros son importantes por el papel que juegan en la polinización, como sucede con *Apis mellifera* y *Bombusfervidus*. *A. mellifera* además, proporciona al hombre importantes productos como miel y cera.

Asimismo Escoto; Cruz y Delgado. (2001) [95]. “Muchas especies de este orden actúan como parasitoides, como *Trichogrammapretiosum* y *Eupelmus popa*; o como depredadores, como es el caso de *Pepsis Formosa* y *Polistesinstabilis*”. (p. 25) También es importante mencionar que ciertas especies del grupo son consideradas como plagas de cultivos, tal es el caso de *Atta texana* y *Pogonomyrmexrugosus* de la familia Formicidae, (Domínguez, 1994), (Citados por Escoto; Cruz y Delgado. 2001 p. 25). [96].

Igualmente Ramírez Y Calle. (2001). [97]. “Las hormigas, son uno de los grupos más abundantes de insectos”.

De acuerdo con Brown (1989), citado por Ramírez Y Calle. (2001).[98]. Las hormigas son consideradas como indicadores adecuados de calidad ambiental para diferentes ecosistemas pues presentan una serie de características deseables a este fin:

- Alta fidelidad ecológica
- Son funcionalmente importantes en los ecosistemas
- Su respuesta a las perturbaciones es predecible, rápida, analizable y generalmente lineal
- Son especies abundantes, no furtivas, fáciles de encontrar en el campo
- Existe un buen conocimiento de su taxonomía.
- Su identificación es relativamente fácil. (p. 523)

Ramírez Y Calle. (2001). [99].Encontró que en ecosistemas poco modificados y sistemas agroforestales sin aplicación de herbicidas, las comunidades de hormigas son similares

entre sí, en contraste con plantaciones con alta aplicación de insumos químicos, donde la riqueza de hormigas es menor y está constituida por un ensamblaje de especies diferente. (p. 523)

**2.2.6.7. Dípteros.** “En la actualidad hay descritas unas 125.000 especies de dípteros vivientes, agrupados en dos subórdenes, 8-10 infraórdenes, 22-32 superfamilias y al menos 130 familias”Yeates Y Wiegmann, (1999), (Citados por Vega, 2003 p. 293). **[100]**

“Aunque algunas otras clasificaciones elevan el número de superfamilias a 36 con 153 familias, e incluso otros autores consideran la existencia de tres subórdenes. En la península Ibérica se han citado 115 familias con 6.433 especies” (Carles-Tolrá Y Ventura, (2009). **[101]**

(Betancourt. 2009), Citado por Remedios; Martínez, & González-Vainer, (2012). **[102]**

Afirma que dentro de los artrópodos, el orden Díptera es uno de los órdenes de mayor riqueza. Comprende más de 120.000 especies conocidas (24.000 en la región Neotropical) y es el cuarto más numeroso después de Coleóptera, Lepidóptera e Himenóptera. (P. 37)

Los dípteros presentan dos aspectos significativos para descartar. Primero la abundancia en lo que a número de individuos se refiere, de la cual no se tiene una real magnitud debido al pequeño tamaño de los dípteros y la cual solo se revela a través de técnicas de muestreo (Betancourt. 2009). Citado por Remedios; Martínez, & González-Vainer, (2012). **[103]**En segundo lugar es de destacar la gran diversificación que han alcanzado en sus modos de vida tanto larvas como adultos; se han adaptado a las más diversas condiciones.

“Esta abundancia y biodiversidad hace que estén presentes en prácticamente la totalidad de ecosistemas” (Remedios; Martínez, & González-Vainer, (2012). **[104]**

Según, (Hanski. 1997), (Citado por Remedios; Martínez, & González-Vainer, (2012). **[105]**Los Dípteros constituyen un grupo con una alta variedad morfológica y ecológica jugando un rol fundamental en todos los ecosistemas como descomponedores de materia orgánica, polinizadores, predadores, parásitos y parasitoides.

De modo similar Vega (2003). **[106]**

En el sentido agronómico, algunas tienen gran interés porque comprenden especies que constituyen plagas de los cultivos (Tipulidae, Bibionidae, Tephritidae, Anthomyzidae, Agromyzidae y ocasionalmente Sciaridae y Chloropidae), porque forman parte de la fauna auxiliar que controlan las especies plaga, depredadoras o parasitoides (Bombilidae, Tachinidae, Cecidomyiidae, Syrphidae y ocasionalmente Asilidae). (P. 293)

Seguidamente Vega (2003). **[107]**

Los Dípteros hematófagos, tales como moscas, tábanos y mosquitos, son considerados vectores biológicos y mecánicos de muchos agentes patógenos, que causan enfermedades como son: la anaplasmosis, tripanosomiasis, brucelosis, antracosis, estomatitis vesicular, carbunco, anemia infecciosa equina y pueden llegar a ser hospedadores intermediarios de nematodos espiruroideos del género Habronema y otros helmintos. (P. 293)

Por otro lado su importancia es determinante tanto en los agroecosistemas como en las antropobiocenosis. Muchas especies son agentes útiles para los intereses desde el punto de vista médico-veterinario. (Remedios; Martínez, & González-Vainer, (2012).[108]

#### **2.2.6.8. Collémbola.** Según Bello, Chamorro (2001). [109]

El orden Colémbola se conoce más de 6.000 especies, lo cual significa la mayor distribución en el medio edáfico e importancia para la comunidad de organismos, ya que son alimento de otros artrópodos carnívoros. Los colémbola habitan especialmente las capas orgánicas del suelo, debido a que allí se encuentra la mayor actividad de descomposición y una mejor disponibilidad de alimentos y espacio poroso para su alojamiento, condiciones que disminuyen a mayor profundidad del suelo. La actividad de los colémbola en el suelo contribuye a liberar NH<sub>4</sub> y aumentar los niveles de calcio en el suelo. (p. 97)

#### **2.2.6.9. Isópteros.** Según Bustillo (2008), [110]

Los Isópteros lo conforman las temitas, comejenes u hormigas blancas. Son insectos pequeños de 2 a 15 mm, excepto la reina que alcanza hasta 75 mm, presenta formas aladas y ápteras. En la colonia se producen individuos, machos y hembras, alados que realizan vuelos nupciales, en los cuales copulan para dar origen a la reina, que inicia una nueva colonia.

“Las formas ápteras, son sexualmente inmaduras y con excepción de la familia Hodotermitidae, son ciegas”. (Bello, Chamorro 2001). [111]Esta casta cumple un papel importante en las colonias, ya que es la que desarrolla la mayor parte de los trabajos.

De acuerdo con (Bello, Chamorro 2001p. 97). [112] “Los termites construyen sus propios hábitats o termiteros hasta de nueve metros de altura y con posibilidades de funcionamiento máximo de 60 años”. Esta característica ecológica hace de los termites grupos dominantes en suelos tropicales, donde introducen modificaciones físicas a través de la selección y redistribución de las partículas minerales; dichos cambios se reflejan en las texturas finas dominantes de los horizontes superficiales y en los materiales para la construcción de sus nidos.

Posteriormente Bello, Chamorro (2001) [113]

El material, transformado física y químicamente en el tracto digestivo de los termites y utilizado como producto residual para la construcción de sus nidos, tienen contenidos altos de carbono y Nitrógeno orgánico, importantes concentraciones de cationes intercambiables y materia orgánica, comparados éstos con los contenidos en suelos adyacentes no trabajados por estos organismos del suelo. (p. 97).

### 2.2.7. Efectos de la Quema Controlada

El compuesto de la superpoblación, el desarrollo y crecimiento de los pueblos y las ciudades, la contaminación de los ríos, de los suelos, las quemas indiscriminadas, el envenenamiento de la atmosfera, la falta de agua potable y la escasez de suelos fértiles, se han convertido en factores determinantes para que los campesinos de las diferentes regiones de Colombia tengan la obligación de desarrollar nuevos mecanismos que le permitan trabajar en la tierra de una forma sostenible y segura.

Es determinante el aprovechamiento de los suelos mediante el desarrollo de nuevas estrategias de quemado, las cuales le brinden al campesino espacios seguros y con aplicaciones técnicas que permitan aprovechar cada uno de los propios componentes de la tierra.

Dentro de este proceso “El fuego es un factor ambiental importante en muchos ecosistemas terrestres y lo fue mucho antes de que el hombre intentara controlarlo”. (Muller y Dombois. 1990), Citados por Mils, (2007). [114]

(Mils, 2007 p. 72).[115]Además es una de las herramientas más antiguas de la agricultura y hasta hoy sigue vigente en muchos lugares del mundo para habilitar terrenos o renovar pasturas, se le sigue utilizando porque además de ser sumamente económico, al ser correctamente utilizado proporciona una serie de beneficios posteriores.

El fuego tiene efectos diferentes sobre el suelo dependiendo de la pendiente, por ejemplo en terrenos llanos o de escasa pendiente, el efecto erosivo prácticamente no se produce, pero es notable en terrenos con alguna pendiente superior al 12%. La erosión es proporcional a la pendiente, pues el fuego favorece la escorrentía al eliminar la vegetación. Rodríguez Trejo, D. A. (1996). [116]

Los efectos del fuego se ejercen sobre la comunidad vegetal y animal del ecosistema y también sobre el suelo, afectando sus propiedades físicas, químicas y biológicas. “El suelo es un componente fundamental de los ecosistemas: la productividad y sostenibilidad dependen de su calidad”. Mils, (2007). [117]

Mils, (2007).

El fuego es un factor antrópico barato, de gran disipación de energía, capaz de ejercer un efecto benéfico o causar un gran daño, y ello depende de muchos otros factores tales como su intensidad y frecuencia, tipo de ecosistema y escala espacial en que se actué. (p. 72). [118]

En consideración de lo anterior Gómez 2007, cita a (Martínez y Becerra 2007), [119] quienes definen el fenómeno llamado "Respuesta biótica", En referencia al rápido aumento de la actividad microbiana que se efectúa inmediatamente después de la quema, como resultado del incremento en el pH y el suministro de cationes y fósforo. Este aumento repentino de la actividad por parte de los microorganismos da lugar a una consecuente subida en la disponibilidad de nutrientes durante un corto tiempo. (P. 1)

Sin embargo, como la materia orgánica ha quedado reducida a cenizas, con el tiempo las poblaciones de microorganismos y su actividad se reducen considerablemente. Al momento de la quema mueren también muchos organismos que favorecen la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de los nutrientes para las plantas. Torres. (2004), [120] Así, debido a su ausencia y a la pérdida de nutrientes, el suelo se ve condenado a ser cada vez más infértil y surge la necesidad de la fertilización mineral.

Por otro lado (Gonzalez P; Gonzalez V; De La Rosa Y Gonzalez F.J. 2011). [121] Los incendios forestales o las quemadas controladas en sistemas agrarios son fenómenos frecuentes recurrentes en los agro-ecosistemas mediterráneos. Estos fenómenos producen importantes impactos ecológicos y ambientales que derivan en parte hacia efectos a corto y medio plazo sobre las propiedades físicas, químicas y en la composición, propiedades y dinámica de la materia orgánica (MO) de los suelos. (P. 453)

Estos efectos, por implicar a las fracciones más funcionales de los suelos, inducen el deterioro de la salud y calidad del suelo y la aparición de procesos erosivos que tienen como consecuencia la pérdida de un recurso natural no renovable. En España se han estimado tasas muy altas de erosión después de los incendios forestales (100 Kg ha año) aunque se observa que en unos 2 a 10 años tras el incendio estos valores decrecen hasta alcanzarse una situación cercana a la original (Cerdá. 2004). Citado por González P; González V; De La Rosa Y González F.J. (2011). [122]

#### ▪ **CARBONO ORGANICO**

El suelo contiene la mayor parte del carbono orgánico de la superficie de la tierra (2157-2293 pg.) Sólo el 30% del C del suelo está en forma de carbonatos, el 70% restante es C orgánico (Batjes, 1996). Debido a la gran cantidad de C almacenado en los suelos, las

pequeñas desviaciones que se producen afectan el balance de C y el cambio climático. González P; González V; De La Rosa Y González F.J. 2011 P. 453). [123]

Como lo afirma (Hatcher y Spiker. 1988 P. 59), [124]“La estabilización del C en los suelos no se debe sólo a modificaciones de los materiales orgánicos por la actividad microbiana sino que además intervienen factores físicos y químicos externos incluidos el fuego”.

Según González-Pérez. (2004), (Citados por González P; González V; De La Rosa Y González F.J. 2011). [125]

La consecuencia de las altas temperaturas, los incendios producen formas nuevas de C en el suelo y modifican las ya existentes, conduciendo a una disminución de sus propiedades coloidales y a cambios en su resistencia a la alteración química y biológica (p. 453)

#### ▪ HUMEDAD

La humedad que presenta el suelo que es sometido a quemas es también importante, DeBano (1998), [127] sostienen que

Si en los primeros 5 centímetros la humedad es de 10%, y el suelo es sometido a 70°C, el calentamiento generado podría matar a aproximadamente el 95% de las bacterias heterotróficas y a una gran proporción de hongos; mientras que si el suelo está seco, sometido a la misma temperatura provocaría la muerte de menos del 25% del mismo grupo bacteriano. (p. 1-2)

También Ruiz. (2001). [128]

El proceso de degradación del suelo se debe fundamentalmente a la combustión de la materia orgánica y al calor originado, produciendo alteraciones físicas negativas en el suelo. Entre éstas, son destacables los cambios estructurales derivados de la destrucción de agregados que aglutina la materia orgánica. Esto conlleva la pérdida de elementos finos (limo y arcilla, por la mayor disgregabilidad de las partículas que acaba dispersando el impacto de las gotas de lluvia y trasladando superficialmente con los arrastres, o a otros horizontes del suelo formando capas impermeables al agua. (p. 59)

Zapata Hernández. (2006). [129] Sostiene que

El fuego afecta al suelo por las altas temperaturas, y las cenizas, que modifican los ciclos de los nutrientes, aceleran la mineralización de la materia orgánica y generan una mayor concentración de gases y de humedad. En contraposición, existe información que señala que los efectos

mencionados no deben atribuirse al fuego en sí mismo sino a su frecuencia e intensidad y, sobre todo, el manejo posterior del sitio quemado. (p. 15)

#### ▪ **TEMPERATURA**

Al realizar quemas controladas la temperatura sufre cambios importantes hasta una profundidad de 3 cm, y a partir de los 5 cm se mantiene invariable; además, la formación y deposición de ceniza provoca cambios en la química del suelo, beneficios para nuestros suelos, pobres en ciertos elementos que ésta aporta. (Zapata Hernández. 2006 p. 15). **[130]**

Otros efectos negativos sobre las características físicas del suelo, como es la pérdida de esponjosidad, que disminuye la aireación y la formación de capas ladrillosas al calentarse a gran temperatura suelos arcillosos endureciéndose, pueden darse y se han observado con efectos perceptibles en incendios de gran energía (de copas), o en donde se han hecho hogueras de eliminación de grandes montones de restos de corta. (Ruiz. 2001 p. 59). **[131]**

Asegura Ruiz. (2001). **[132]**

La alteración de las propiedades químicas del suelo por el fuego, generalmente son positivas, pues se aportan nutrientes retenidos en los combustibles vegetales que son devueltos al suelo con las cenizas; claro está si éstas no se pierden en el lavado del suelo por la lluvia, tanto mayor cuanto más acusada sea la pendiente del terreno. Nutrientes como sales minerales de calcio, magnesio, potasio, etc., se aportan con las cenizas así como el fósforo; aumentando la fertilidad que aprovecha preferentemente la vegetación que se regenera después del fuego. (p. 59)

También el pH se incrementa, lo que favorece a los suelos con marcada acidez. Únicamente se pierde el nitrógeno que se volatiliza en la combustión, lo que en principio puede calificarse como efecto negativo al ser uno de los principales nutrientes, pero el descenso de acidez, la actividad germinativa de plantas fijadoras (leguminosas) y el desarrollo de hongos y bacterias de plantas simbiotes pronto equilibran y a veces superan el nitrógeno contenido en el suelo antes de ser afectado por el fuego. (Ruiz. 2001 p. 59). **[133]**

Ruiz. (2001). **[134]**

Los cambios de las propiedades biológicas del suelo que el fuego produce lógicamente se relacionan con la penetración de éste, ya que la microfauna situada en capas inferiores a la superficial carbonizada apenas sufre alteración. La actividad de hongos y bacterias asociados al suelo poco tiempo después del paso del fuego, indican una rápida recolonización y como se apuntaba con las plantas simbiotes de fijación de nitrógeno no solo se restablece el equilibrio biológico sino que la población bacteriana puede ser superior a la existente antes del fuego en el suelo. (p. 60)

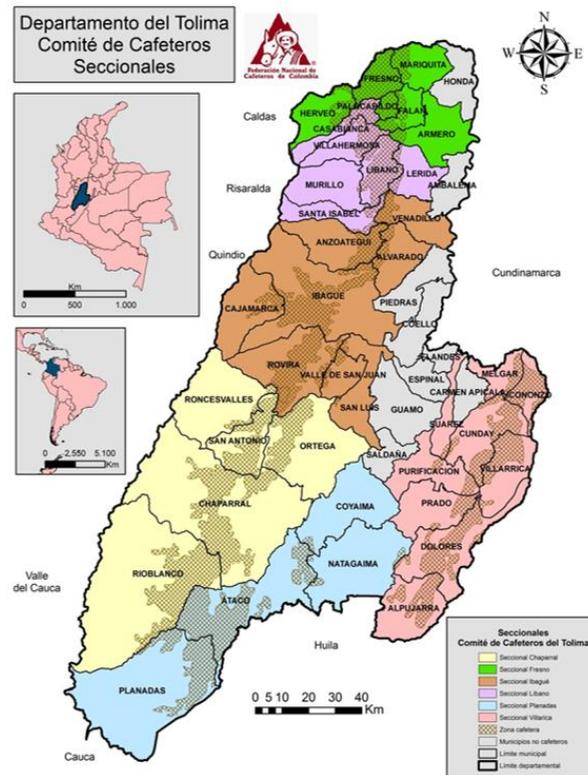
## CAPITULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIALES

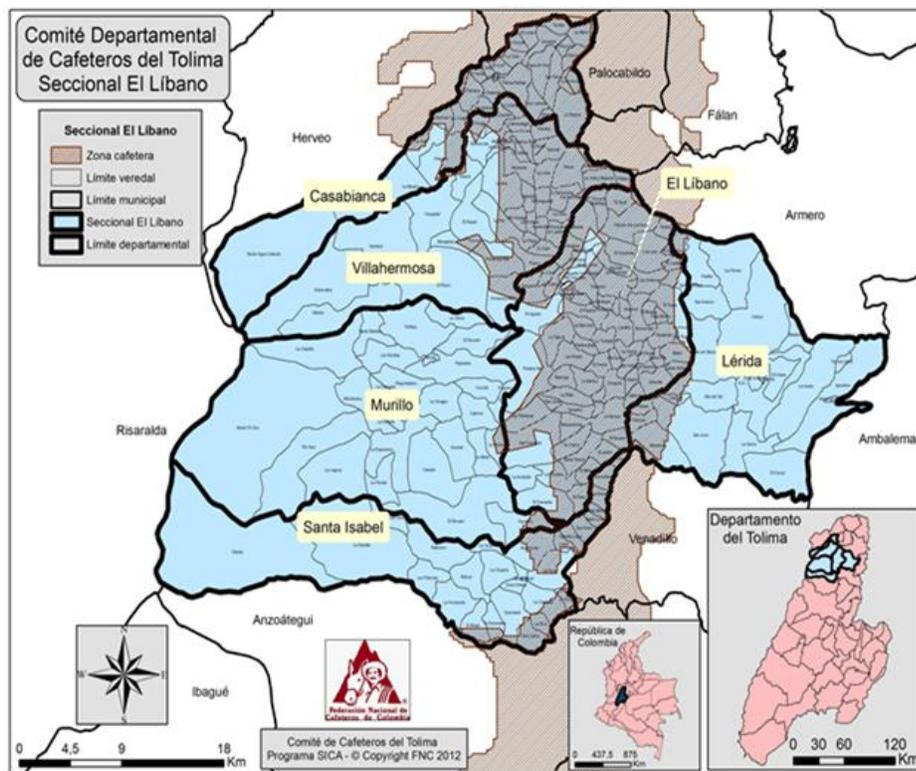
##### 3.1.1 Área de Estudio:

El departamento del Tolima en Colombia, de acuerdo con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Estudio general de suelos y zonificación de tierras Departamento del Tolima. Actualizado en 2010” Está ubicado en la parte centro-occidental del país; ocupa un área aproximada de 23.325 km<sup>2</sup> que representa el 2% del territorio nacional.



**Figura 3.1** Ubicación geográfica del departamento del Tolima  
Fuente: Comité departamental de cafeteros del Tolima

El trabajo de investigación se está realizando en 2 fincas cafeteras pertenecientes a los municipios de Líbano; municipio colombiano situado en el norte occidente del departamento del Tolima. Tiene una temperatura media de 20 °C. Sus actividades económicas son la agricultura, la ganadería y la minería. Su población es de 41.650 habitantes (según el censo del Dane 2005). y Casabianca es un municipio de Colombia, situado en el noroccidente del departamento de Tolima, al suroccidente del país, Su principal actividad económica es la agricultura; en especial la producción de café. Comparte una zona limítrofe con el Nevado del Ruíz, La mayor parte de su población se encuentra en la zona rural.



**Figura 3.2** Ubicación geográfica del Municipio de Líbano y Casabianca.

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADbano\\_\(Tolima\)](https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADbano_(Tolima)) y [https://es.wikipedia.org/wiki/Casabianca\\_\(Tolima\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Casabianca_(Tolima)).

La investigación se llevó a cabo en 2 parcelas permanentes 1 en la finca el Jordán vereda san Fernando en el municipio del Líbano Tolima con suelos correspondientes a la **Unidad MKG Consociación Typic Hapludands** caracterizado por elevaciones de terreno de poca altura y de configuración alargada. El relieve es fuertemente ondulado a quebrado y las pendientes de 7-12-25 y 50%. Los suelos se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas que descansan sobre andesitas.

Por otro lado en la finca El Aure vereda la Palmera en Casabianca Tolima se encuentran suelos pertenecientes a la **Unidad MGA Consociación Typic Melanudands** Esta unidad se ubica principalmente en el municipio de Casabianca; en zonas con influencia de cenizas volcánicas. Ocupan la posición de filas y vigas de montaña, con relieve fuertemente quebrado a escarpado y pendientes largas y empinadas. Los suelos han evolucionado a partir de cenizas volcánicas, las cuales descansan sobre rocas andesita y cuarzodiorita. Presentan erosión ligera a moderada, soliflujión plástica tipo pata de vaca, escurrimiento difuso y deslizamientos localizados

Estas dos fincas en los municipios de Líbano y Casabianca fueron seleccionadas al azar entre 20 parcelas, ubicadas las dos al norte del departamento del Tolima en la cordillera Central de los Andes Colombianos.

En la tabla 3.1 se muestra el reporte mes a mes de temperaturas, humedad relativa, precipitación y brillo solar para la estación La Trinidad del municipio del Líbano.

**Tabla 3.1.** Consolidado diario para el mes de febrero, temperatura, humedad, precipitación y brillo solar del año 2014. Estación la Trinidad.

Febrero	Temperatura (°C)			Hum. Rel.(%)	Precipitación (mm)			Brillo Sol.(h)
	Min.	Máx.	Med.		Día	Noche	Total	
1	17.6	25.2	21.3	77.3	0.0	4.7	4.7	4.8
2	17.3	24.4	20.0	89.0	10.5	0.0	10.5	2.3
3	17.4	25.0	20.1	81.0	28.6	0.0	28.6	3.8
4	16.2	24.6	20.0	87.7	0.1	10.5	10.6	3.3
5	17.8	24.0	19.8	89.0	0.2	0.2	0.4	0.5
6	17.4	24.6	20.4	82.7	0.0	0.0	0.0	2.1
7	16.8	24.4	19.9	82.0	0.0	0.2	0.2	3.9
8	17.4	24.2	20.1	86.0	2.8	1.0	3.8	3.1
9	16.4	25.0	20.3	82.7	0.0	25.9	25.9	4.6
10	16.3	22.8	19.9	88.0	2.3	0.0	2.3	1.6
11	16.8	25.0	21.2	86.7	0.0	0.0	0.0	5.1
12	17.3	26.6	21.4	77.3	0.0	27.0	27.0	8.0
13	17.6	24.0	20.1	84.7	4.7	0.2	4.9	0.9
14	18.0	24.6	20.0	87.3	0.0	0.0	0.0	3.0
15	18.4	25.6	20.8	84.7	0.0	0.0	0.0	4.0
16	16.8	25.2	20.7	83.3	0.0	3.4	3.4	4.5
17	17.4	24.4	19.6	86.3	0.0	0.0	0.0	3.0
18	18.0	25.0	20.8	80.0	0.2	0.4	0.6	1.9
19	17.8	23.9	20.1	86.3	0.0	0.0	0.0	1.2
20	18.4	24.2	20.3	87.0	1.9	3.9	5.8	1.3
21	17.8	23.6	19.6	91.3	2.0	10.9	12.9	0.7
22	17.0	22.7	19.2	91.7	20.9	0.3	21.2	0.3
23	17.4	23.7	20.3	86.0	23.5	0.0	23.5	0.6
24	17.5	25.8	21.7	80.3	0.0	33.7	33.7	3.5
25	17.8	22.8	19.7	91.0	0.0	45.7	45.7	0.4
26	17.0	23.1	19.6	92.0	0.0	3.2	3.2	1.1
27	17.6	21.5	18.6	94.7	0.7	0.0	0.7	0.1
28	17.0	21.8	19.3	91.7	3.8	4.5	8.3	0.0
29								
30								
31								
<b>Total:</b>					<b>102.2</b>	<b>175.7</b>	<b>277.9</b>	<b>69.6</b>
<b>Promedio:</b>	17.4	24.2	20.2	86.0				

*Fuente.* Anuario meteorológico CENICAFE, 2014.

**Tabla 3.2.** Consolidado diario para el mes de marzo, temperatura, humedad, precipitación y brillo solar del año 2014. Estación la Trinidad

Estación: La Trinidad Año : 2014			Dpto: Tolima Mpio: Libano		Latitud : 4° 54' N Longitud: 75° 2' W Altitud: 1456 m			
Marzo	Temperatura (°C)			Hum. Rel.(%)	Precipitación (mm)			Brillo Sol.(h)
	Min.	Máx.	Med.		Día	Noche	Total	
1	17.2	23.9	19.9	86.3	2.6	18.5	21.1	1.8
2	16.2	23.3	19.7	85.0	4.5	8.2	12.7	2.5
3	16.4	24.4	18.0	90.7	3.3	0.1	3.4	1.5
4	17.1	22.4	19.6	86.7	0.0	0.0	0.0	0.7
5	17.9	24.2	19.4	88.7	24.7	2.7	27.4	1.7
6	17.0	24.2	19.8	86.7	0.0	0.0	0.0	1.7
7	17.6	24.0	20.6	85.7	0.0	0.0	0.0	0.4
8	16.4	23.6	19.5	86.3	2.6	2.3	4.9	2.0
9	17.1	24.4	19.7	86.3	0.8	-0.0	0.8	1.0
10	18.0	23.0	20.3	83.3	0.0	0.5	0.5	0.0
11	17.6	23.3	19.4	90.7	20.0	0.0	20.0	1.1
12	17.8	23.2	20.2	82.7	0.6	2.2	2.8	0.1
13	18.0	22.6	19.0	93.0	2.8	0.0	2.8	0.1
14	17.4	23.2	19.8	86.7	0.0	0.0	0.0	0.7
15	17.2	22.8	19.2	90.7	0.0	0.0	0.0	0.2
16	17.0	23.0	19.3	92.0	0.0	0.0	0.0	0.3
17	18.0	25.6	21.2	77.3	0.0	13.8	13.8	5.1
18	17.6	24.4	20.4	86.3	0.9	0.0	0.9	1.4
19	16.5	25.0	21.0	85.3	0.0	0.0	0.0	2.8
20	17.2	27.2	21.8	81.7	0.0	0.0	0.0	9.5
21	17.4	27.0	21.1	86.0	0.0	0.0	0.0	3.1
22	18.2	26.6	22.2	80.0	0.0	0.2	0.2	5.2
23	17.6	25.2	20.8	84.0	0.0	0.6	0.6	3.6
24	18.5	25.4	21.4	90.3	3.3	10.3	13.6	4.3
25	17.2	24.8	20.6	85.3	0.0	0.0	0.0	0.6
26	18.2	25.0	20.3	90.7	0.3	1.7	2.0	1.6
27	16.6	25.6	20.4	84.3	0.0	0.0	0.0	6.3
28	16.3	26.8	21.4	79.3	0.0	0.0	0.0	8.2
29	17.4	26.6	21.9	81.3	0.0	0.0	0.0	3.2
30	17.2	26.8	21.9	80.7	0.0	0.0	0.0	7.1
31	16.4	27.5	21.2	75.0	0.0	0.0	0.0	7.7
<b>Total:</b>					<b>66.4</b>	<b>61.1</b>	<b>127.5</b>	<b>85.5</b>
<b>Promedio:</b>	17.3	24.7	20.4	85.5				

**Fuente.** Anuario meteorológico CENICAFE. 2014.

**Tabla 3.3.** Consolidado mensual de la temperatura, humedad, precipitación y brillo solar durante el año 2014. Estación la Trinidad

Estación: La Trinidad Año : 2014			Dpto: Tolima Mpio: Libano		Latitud : 4° 54' N Longitud: 75° 2' W Altitud: 1456 m				
MES	TEMPERATURA (°C)				Hum. Rel.(%)	PRECIPITACIÓN		Brillo Sol.(h)	
	Min. Med.	Máx. Med.	Media	Max. Abs.		Total mm.	Días Lluvia		
Enero	16.7	24.1	19.9	26.4	14.7	86.3	187.0	19	108.6
Febrero	17.4	24.2	20.2	26.6	16.2	86.0	277.9	22	69.6
Marzo	17.3	24.7	20.4	27.5	16.2	85.5	127.5	16	85.5
Abril	17.3	25.4	20.9	27.6	15.4	83.3	231.2	19	145.8
Mayo	17.2	24.4	20.5	26.0	16.0	87.4	182.6	20	93.0
Junio	16.7	25.0	20.7	26.8	14.4	81.2	102.7	13	147.8
Julio	16.4	26.6	21.3	29.0	15.0	71.3	37.6	7	220.2
Agosto	16.1	26.8	21.3	29.6	13.8	68.9	63.7	6	190.5
Septiembre	16.2	26.0	21.0	30.0	14.6	78.3	183.7	13	173.6
Octubre	16.8	24.2	20.0	27.4	15.5	86.0	328.2	21	109.2
Noviembre	16.7	24.1	19.9	25.6	15.2	89.4	219.3	21	91.8
Diciembre	15.9	24.6	20.0	26.8	14.7	84.2	165.1	15	123.6
<b>Promedio:</b>	16.7	25.0	20.5			82.3			
<b>Absoluta:</b>				30.0	13.8				
<b>Total:</b>							2106.5	192	1559.2

**Fuente.** Anuario meteorológico CENICAFE. 2014.

Se observa el comportamiento de la Temperatura en centígrados Maxima, minima y Media histórica versus la Temperatura Maxima, minima y media registrada durante el año 2014. Estacion la Trinidad

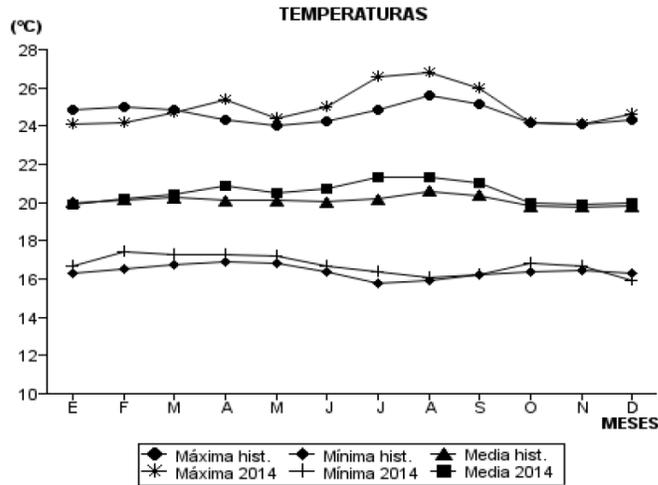


Figura 3.3 Histórico Temperaturas correspondiente a la estación la trinidad. Fuente. Anuario meteorológico CENICAFE. 2014.

El comportamiento de la Precipitacion en milímetros histórica versus la Precipitacion en milímetros registrada durante la totalidad de los meses del año 2014. Estación la Trinidad.

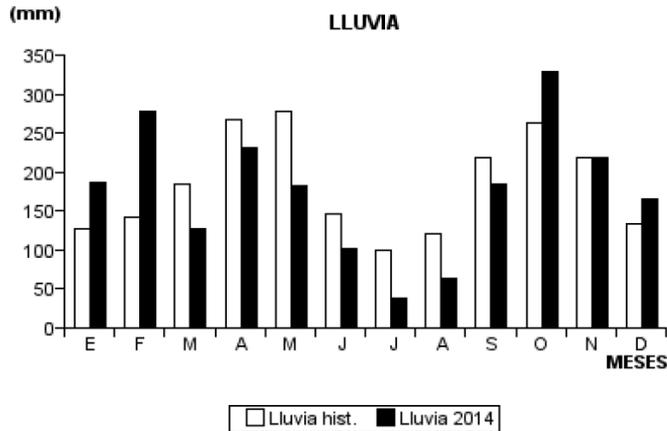


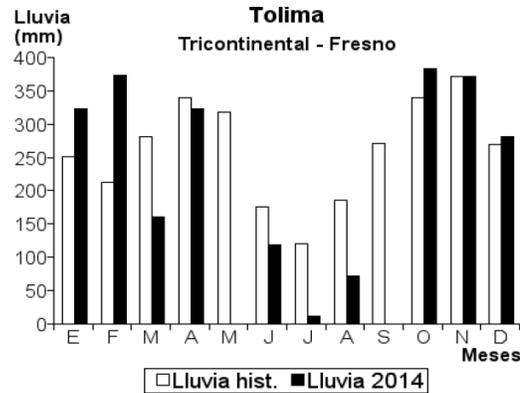
Figura 3.4 Históricas precipitaciones correspondientes a la estación la Trinidad. Fuente. Anuario meteorológico CENICAFE. 2014.

Al no existir en el municipio de Casabianca una estación meteorológica que registre los reportes de temperatura y precipitación, se tomaron datos de precipitación de la estación Tricontinental ubicada en el municipio de Fresno por su cercanía geográfica a Casabianca.

**Tabla 3.4.** Consolidado reportes mensuales de precipitación año 2014. Estación Tricontinental. Correspondiente al municipio de Fresno.

Estación: Tricontinental Año : 2014		Dpto: Tolima Mpio: Fresno										Latitud : 5° 9' N	Longitud: 75° 0' W	Altitud: 1269 m
Día	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.		
1	20.0	44.0	22.0	0.0		0.0	11.0	0.0		0.0	2.0	0.0		
2	0.0	21.0	0.0	0.0		2.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		
3	0.0	0.0	7.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	38.0	0.0		
4	0.0	7.0	0.0	32.0		9.0	0.0	0.0		0.0	2.0	12.0		
5	0.0	0.0	0.0	2.0		38.0	0.0	0.0		0.0	3.0	10.0		
6	18.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	6.0	15.0		
7	24.0	3.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	43.0		
8	9.0	3.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	3.0	8.0		
9	3.0	12.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	4.0		
10	5.0	0.0	22.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	117.0	22.0		
11	32.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		9.0	19.0	13.0		
12	0.0	41.0	22.0	0.0		0.0	0.0	0.0		121.0	45.0	10.0		
13	0.0	0.0	0.0	10.0		0.0	0.0	0.0		0.0	33.0	33.0		
14	0.0	7.0	0.0	21.0		0.0	0.0	40.0		0.0	4.0	0.0		
15	77.0	0.0	12.0	0.0		0.0	0.0	0.0		8.0	0.0	2.0		
16	0.0	4.0	0.0	62.0		0.0	0.0	0.0		0.0	10.0	29.0		
17	0.0	0.0	7.0	0.0		0.0	0.0	0.0		58.0	0.0	0.0		
18	0.0	42.0	0.0	9.0		0.0	0.0	12.0		96.0	2.0	0.0		
19	11.0	0.0	0.0	5.0		0.0	0.0	0.0		62.0	0.0	40.0		
20	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		4.0	3.0	41.0		
21	27.0	11.0	0.0	86.0		0.0	0.0	0.0		1.0	53.0	0.0		
22	0.0	35.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		7.0	0.0	0.0		
23	2.0	12.0	0.0	50.0		0.0	0.0	0.0		0.0	7.0	0.0		
24	0.0	16.0	22.0	0.0		15.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		
25	40.0	14.0	0.0	34.0		0.0	0.0	0.0		0.0	18.0	0.0		
26	10.0	21.0	0.0	0.0		20.0	0.0	0.0		17.0	6.0	0.0		
27	0.0	20.0	0.0	0.0		10.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		
28	2.0	60.0	47.0	12.0		16.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		
29	40.0		0.0	0.0		8.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		
30	3.0		0.0	0.0		0.0	0.0	20.0		0.0	0.0	0.0		
31	0.0		0.0			0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		
<b>Total</b>	<b>323.0</b>	<b>373.0</b>	<b>161.0</b>	<b>323.0</b>		<b>118.0</b>	<b>11.0</b>	<b>72.0</b>		<b>383.0</b>	<b>371.0</b>	<b>282.0</b>	<b>Anual</b>	
<b>Días LL.</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>11</b>		<b>8</b>	<b>1</b>	<b>3</b>		<b>10</b>	<b>18</b>	<b>14</b>		

Fuente. Anuario meteorológico CENICAFE. 2014.



**Figura 3.5** Histórico Temperaturas correspondiente a la estación el Tucuy  
Fuente. Anuario meteorológico CENICAFE. 2014

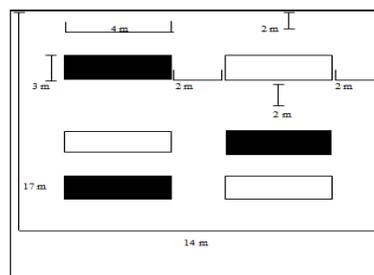
### 3.1.2. Tratamientos

Para determinar el impacto de las quemas sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas, en las dos series de suelo, se realizara el montaje experimental de 2 tratamientos con tres réplicas en cada lote.

T1: Suelo con cobertura no quemado.



T2: Suelo quemado con cobertura nativa (quema total).



**Figura 3.6** Diseño del trazado realizado en cada serie de suelo para determinar el impacto de las quemas sobre las propiedades fisico-químicas y biológicas del suelo. Fuente: Autor

En las siguientes imágenes se evidencia el proceso de quemado realizado a dos series de suelo, las cuales hacen parte de un área experimental de 238 m<sup>2</sup>, dividido cada lote en 6 parcelas respectivamente con un área de 12 m<sup>2</sup> cada una, en los cuales se aplicara dos tratamientos y tres repeticiones aleatoriamente.

### PROCESO DE QUEMADO TOTAL, MONTAJE EXPERIMENTAL Y SEÑALIZACION DE LOS TERRENOS ESCOGIDOS



**Figura 3.7** Área experimental de 238m<sup>2</sup> - T2 Suelo quemado con cobertura nativa (quema total). Municipio de Casabianca y Libano Tolima respectivamente. Fuente: Autor



**Figura 3.8** Para la quema total se utiliza material de combustión de la zona - corte seco de pasto *Brachiaria decumbens*. Fuente: Autor



**Figura 3.9** Se establece el señalamiento y posteriormente la ubicación de trampas de caída para la macrofauna. Fuente: Autor

### 3.1.3 Instrumentos empleados en Laboratorio:

**Tabla 3.5** Instrumentos utilizados en los procedimientos de determinación del Impacto de la quema física, química y biológica en las propiedades de las dos series de suelo; departamento del Tolima.

MATERIALES	DESCRIPCIÓN
Pinzas	Metálica Marca Enthos
Lupa para laboratorio	De 10x
Tapabocas	Medispo Marca Protex S.A.
Microscopio	Olympus CH-2
Alcohol	75%
Vinipel	Papel de envoltura DarnelWrap 2000ft
Algodón	Zig-Zag JGB
Cinta de Enmascarar	Indicadora Marca y grosor
Papel Craf	Para envoltura
Marcador de vidrio	Sharpie Permanent Marker. Fine point
Papel aluminio	Alumina 1 rollo: 8mt (25.8 SQ.FT)
Estereoscopio	Van Guard
Jabón	Neko Azul
Esponjillas	Bon bril
Horno	Electrico
Papel Absorbente	Scott Duramax reutilizable
Gramera (balanza)	Digital
Frascos compoteros	Pequeños
Pinceles	0.0 y 0.1

Fuente autor

### 3.1.4 Insumos y otros materiales de campo:

**Tabla 3.6** Insumos y otros materiales para los procedimientos de determinación del Impacto de la quema física y química en la biología de las dos series de suelo; departamento del Tolima.

Recipiente plástico	Bandeja
Bolsa de Papel	(1 lb)
Bolsas Plásticas	(1Kg)
Alcohol	75%
Barreno	De golpe
Bandejas(Recolectoras)	De Pasta
Colador	Pequeño
Nevera de icopor	Mediana
Aspersor (con alcohol)	De plástico
Palin	Metálico
Estacas	Guadua
Material de combustión	Paja de <i>Brachiaria decumbes</i>

Fuente autor

## 3.2 Métodos

### 3.2.1 Diseño Experimental y Análisis.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con dos tratamientos y tres repeticiones, considerando el gradiente de pendiente del suelo. Para efecto de los análisis estadísticos se utilizaron los paquetes estadísticos Statgraphics centurión XVI versión 16.1.11 (StatPoints Technologies Inc, 1982-2010) y Statistica versión 7.0 (Statsoft, 2007) que permitieron realizar un análisis de varianza ANOVA de una vía multifactorial (tratamiento, semana), para encontrar diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos y semanas de medición para cada variable (D.a, %H, I, pH, CO, NT y TRmgCO). Cuando fueron encontradas diferencias estadísticas significativas, adicionalmente fue realizada una prueba *a posteriori* LSD para encontrar dichas diferencias. Previo a esto, se realizó un análisis descriptivo de cada una de las variables cuantitativas. Debido a que las variables (D.a, % H, I, pH, CO, NT, TRmgCO) no cumplían con los supuestos de normalidad, homocedasticidad, aleatoriedad e

independencia, requeridos para el análisis de varianza, fue necesario usar una transformación logarítmica con codificación multiplicativa a una potencia de diez para evitar logaritmos negativos, ya que entre los datos se incluían números entre 0 y 1 (Sokal & Rolph, 1995).

En cuanto a los organismos encontrados en los tipos de suelo, se analizó la riqueza, diversidad, dominancia y abundancia relativa de la comunidad mediante índices ecológicos de Margalef ( $D_{Mg}$ ), Shannon- Wiener ( $H'$ ) y Simpson ( $\lambda$ ). Además se realizó un análisis de beta-diversidad con el fin de evidenciar posible similitudes en la composición de organismos entre los diferentes tratamientos y suelos, esto mediante coeficiente de similitud de Bray-Curtis ( $I_B$ ); todo esto, utilizando el paquete Paleontological Statistics versión 2.15 (Hammer, et al., 2001).

### 3.2.2 Métodos de Campo.

Se realizaron visitas a cada lote para la identificación y ubicación geográfica de los (suelos) de trabajo, cada zona contara con un área experimental de 238m<sup>2</sup>. Dentro de cada lote se ubicaran 6 parcelas con un área de 12m<sup>2</sup> cada una, con los dos tratamientos y tres repeticiones ubicados aleatoriamente. Para la ubicación de los tratamientos será necesario señalar con estacas cada área de la parcela y marcar con el tratamiento establecido.

Como material de combustión utilizamos el corte seco de pasto *Brachiaria decumbens*, luego se pesa y se distribuye la misma cantidad para el tratamiento dos. O el material que se encuentre en cada zona de estudio.

Una vez se efectuó la quema se recogieron las muestras de la época cero y se iniciara la etapa de recolección de datos, en las fechas establecidas 1, 7, 15, 30 y 45 días después de la quema.

Se emplearon método de trampas de caída para la macrofauna para medir la riqueza de especies y la uniformidad de los organismos; indicando el número de especies presentes y su abundancia respectivamente. Este programa se empleó para analizar individual y grupalmente los lotes y así registrar la similitud entre estos; de tal forma que se pudiera identificar la diversidad biológica presentes en las series de suelo.

### **3.2.3. Procedimiento para la toma de muestras.**

Con la ayuda de una pala, se limpió la capa superficial del terreno, y se recogieron por parcela experimental o tratamiento, tres muestras de suelo a una profundidad de 10cm.

Las tres muestras colectadas se ponen dentro de un recipiente donde se homogenizan. Posteriormente, la muestra se recoge en una bolsa de papel y se guarda en una nevera donde se trasladan al laboratorio para su respectivo análisis. Se debe recalcar, que cada vez que se tome una muestra se debe realizar la limpieza adecuada de los materiales utilizados.

Métodos de Laboratorio: Se tuvo en cuenta los protocolos para la determinación de la densidad aparente de volumen conocido, para la determinación de la infiltración se implementó el método de los anillos concéntricos método gráfico y el protocolo de humedad gravimétrica correspondientes a las pruebas de las propiedades físicas del suelo, para las pruebas de las propiedades químicas se evaluó: pH teniendo en cuenta los protocolos potenciométrico en dilución 1:1 establecidos y en lo referente a nitrógeno total y Carbono Orgánico se contó con el apoyo del laboratorio Tecniaanálisis S.A.S. y los protocolos establecidos fueron % C.O:Walkley y Black/ Volumétrica/Colorimetría y Kjeldhal para nitrógeno. En cuanto a la biología del suelo se cuantificó la producción de dióxido de carbono del suelo con la metodología de respiración basal del suelo apoyado en el laboratorio de biología la universidad del Tolima. Por último se cuantifica y clasifica la macrofauna implementando protocolo de trampas de caída de lavelle para su recolección.

## PROCESO DE RECOLECCION Y TOMA DE MUESTRAS EN LOS TERRENOS EXPERIMENTALES



*Figura 3.10* Estado del terreno al terminar el proceso de quemado. Fuente: Autor



*Figura 3.11* Recoleccion de muestras consecutivamente desde el día 1, 7, 15, 30 y 45 días después del proceso de quemado de los terrenos, debidamente etiquetadas. Fuente: Autor

### 3.3 Determinación Propiedades Físicas

#### 3.3.1 Procedimiento para la determinación de la densidad aparente (D.a).

Determinar exactamente el volumen de las muestras. Esto se logra utilizando aparatos muestreadores que toman un volumen de suelo imperturbado conocido, estando el suelo en un contenido de humedad en el que las arcillas estén completamente expandidas. Para este

método se utilizó un muestreador, que consta de un cilindro metálico en su extremo inferior en cuyo interior alberga un cilindro removible de 5 cm de altura que encaja a 3 cm de su tope superior. El cilindro interno posee el mismo diámetro interior que la boca del externo (5 cm). El volumen interno del cilindro removible es de 98,2 cm<sup>3</sup>. Una vez extraído el muestreador del suelo se retiró el cilindro interior y se enrasó la muestra cortando cuidadosamente con un cuchillo el suelo excedente por encima y por debajo. Los cilindros enrasados se llevaron al laboratorio para su secado en estufa a 105 °C por 48 horas y posterior pesado para determinar su masa (Blake & Hartge, 1986).

**D.a = Peso de los solidos de la muestra o peso seco (a)**

**Volumen de los solidos de la muestra (b) + Volumen poroso (c) de la muestra**



*Figura 3.12* Proceso de toma de datos en campo Densidad aparente. Fuente: Autor

### 3.3.2 Procedimiento para determinar la infiltración del suelo (I).

En primer lugar, lo que se hizo fue la ubicación del lugar en donde se llevarían a cabo las pruebas de infiltración ya que este debería contar con algunas características especiales como la poca humedad presente en este suelo para que de esta manera no dificulte el movimiento del agua en el suelo y así no afecte la muestra.

Seguidamente se procedió a limpiar el sitio y luego a nivelar el terreno en donde se realizara la muestra de manera que el agua cuando baje lo haga uniformemente.

Después de esto se colocan los anillos de infiltración para tomar la muestra, como en nuestro caso eran seis anillos, colocamos cada anillo en el centro de cada parcela para que los cambios ocurridos en alguno de los anillos no afectaran a los otros.

Después de colocados los anillos hay que nivelarlos, esto se hace de una manera muy cuidadosa para que al moverlos no altere el suelo en donde se va a realizar el muestreo de infiltración y de esta manera no nos altere los resultados.

Una vez nivelados los anillos el paso a seguir es colocar de la regla ya que esta nos va a servir para tomar el tiempo cada vez que este baje medio centímetro de la regla.

Esta regla se coloca por dentro del primer anillo y la regla debe ser de un color oscuro de manera que se note bien la numeración.

Luego dentro de los anillos de infiltración hay que vaciar agua hasta que en el primero este casi lleno, para alcanzar a tomar varios datos y el segundo debe quedar más o menos a la mitad de lo que se llenó el primer anillo.

Después de haberle vaciado agua a los anillos inmediatamente hay que empezar a tomar el tiempo con el cronometro y de ahí en adelante seguir registrándolo cada vez que el agua haya bajado.

### **3.3.3 Determinación de humedad del suelo (%H).**

El contenido de humedad de un suelo es la relación del cociente del peso de las partículas sólidas y el peso del agua que guarda, esto se expresa en términos de porcentaje.

$$H = W_w/W_s * 100$$

Donde:

W<sub>w</sub>: Peso del agua

W<sub>s</sub>: Peso seco

H : Peso seco

## **3.4. Determinación Propiedades Químicas.**

### **3.4.1 Determinación pH del suelo.**

Método potenciométrico, para la determinación de este se toma relación 1:1 (pH en dilución 1:1). En general, se hace uso de 20 – 30 gramos de suelo, y cuando es dilución 1:1, se le agregan 20 – 30 ml de agua. Para posteriormente y al cabo de agitar la muestra se baja los electrodos de modo que los extremos queden en la interface suelo: hacer lectura con el pH metro previamente calibrado.

Y así tomar la lectura hasta la décima más próxima de una unidad de pH.

### 3.4.2 Determinación de Nitrógeno total (N.T)

Para determinar el nitrógeno total de las muestras se contrato el servicio del laboratorio Tecnianalisis. El cual por su trayectoria, tiempo de respuesta y reconocimiento se realizó un acuerdo teniendo las necesidades del estudio en lo referente a metodología requerida y propuesta para el estudio actual de suelos. La metodología a utilizar para la obtención de los datos relacionados con el nitrógeno total es la metodología Kjeldahl. (Modificado por Bremner, 1965)

En el método de Kjeldahl la reacción ocurre en medio ácido (sulfúrico concentrado) a temperaturas elevadas (400°C), donde el nitrógeno orgánico es transformado a ion amonio, el cual es cuantificado a través de una destilación alcalina y su posterior titulación

### 3.4.3 Determinación de Carbono Orgánico (C.O)

Para determinar el nitrógeno total de las muestras se contrato el servicio del laboratorio Tecnianalisis. El cual por su trayectoria, tiempo de respuesta y reconocimiento se realizó un acuerdo teniendo las necesidades del estudio en lo referente a metodología requerida y propuesta para el estudio actual de suelos implementando la metodología Walkley-Black

El método para la cuantificación de carbono orgánico total se hizo por el método Walkley-Black, en el cual el suelo se oxida con una solución de dicromato de potasio estandarizada, utilizando el calor producido por la dilución de ácido sulfúrico concentrado, en la solución crómica. La determinación se realizó valorando por retroceso la cantidad de dicromato que no ha sido reducido por la MO, con una solución de sulfato ferroso, utilizando como indicador difenilamina, y también se determinó por colorimetría, cuantificando el color verde del ácido crómico reducido a  $\lambda_{\text{max}} = 585 \text{ nm}$ , el cual es proporcional a la materia orgánica que reacciona. Revista Colombiana de química, volumen 34, No. 2 DE 2005. [135]

El límite de detección de la técnica va de 0 a 25 mg de C. Considerando que no todo el suelo es M.O., se recomienda utilizar muestras de 0.1 a 0.3 g, pero mientras más M.O. se tenga, se debe tomar menor cantidad de suelo para realizar esta técnica (León y Aguilar, 1987).



**Figura 3.13** Proceso de Preparación de muestras para determinación de C.O y N.T

Fuente: Autor

### 3.5. DETERMINACIÓN PROPIEDADES BIOLÓGICAS

#### 3.5.1 Cuantificación de la macrofauna del suelo.

En el estudio de la macrofauna edáfica se empleó el método de trampas de caída, la cual mide la riqueza de especies y la uniformidad de los organismos; indicando el número de especies presentes y su abundancia respectivamente. El modelo clásico es el formado por un recipiente enterrado a ras de suelo. En este tipo de trampas no se empleó ni alcohol ni formol, ya que pueden actuar como atrayentes, de manera que se utilizó agua y jabón en polvo que no ejercen poder de atracción. Para vaciar estas trampas se hace manualmente. En cada muestreo realizado, se estableció, calculando el número de individuos por trampa instalada en cada uno de los tratamientos.



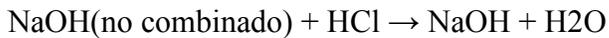
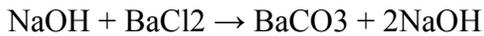
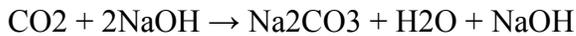
**Figura 3.14** Proceso de Toma de muestra de la macrofauna

**3.5.2 Cuantificación del metabolismo del suelo (prueba de respiración del suelo TRmgCO).** Se realiza el mismo procedimiento que el de para la toma de muestra de la macrofauna. Con cada una de las muestras colectadas por tratamiento, en frascos de aproximadamente 500ml de capacidad se colocan 50g de suelo, a la muestra, se le agregan lentamente 5ml de agua medida con una pipeta.

En frascos de 100ml, se colocan 10ml de NaOH al 0,5N y se introducen en los frascos que contienen el suelo con los respectivos tratamientos. Posteriormente se deben tapar muy bien los frascos utilizando vinipel y cauchos, para evitar pérdidas de CO<sub>2</sub> liberado.

Se incuban los frascos a temperatura ambiente, realizando observaciones periódicas. Para la titulación, de la solución de NaOH de cada tratamiento se agregan 2ml de BaCl<sub>2</sub> y 1 gota de fenolftaleína y se titula con HCl al 0,1N y se registra el gasto de ml en cada tratamiento. Los valores son determinados según la cantidad de CO<sub>2</sub> liberado\* gramos de suelo seco\*tiempo de incubación en horas.

Las reacciones químicas que se realiza son las siguientes:



**Figura 3.15** Proceso de prueba de respiración del suelo TRmgCO mediante la utilización de Frascos de 500ml los cuales contienen las muestras del suelo en estudio con sus respectivos tramientos en frascos de 100ml, herméticamente sellados para evitar pérdidas de CO<sub>2</sub> liberado. Fuente: Autor

La titulación del testigo (frasco sin suelo), nos dará el valor de referencia para el cálculo del CO<sub>2</sub> al cual se le restarán los mililitros gastados de NaOH en las otras muestras.

6.1.5.1 Cálculos para determinar el metabolismo del suelo.

ml HCl(testigo) - ml HCl= ml de NaOH(muestra problema transformada en Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)

ml de NaOH(convertido en Na<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>) x N(Normalidad) del HCl x 22= mg de CO<sub>2</sub>

Los resultados se reportan en gramos de suelo seco para lo cual se determina el porcentaje de humedad de cada muestra de suelo.

Determinación de humedad del suelo

1. Se toma una muestra en una caja metálica.
2. Se pesa la muestra más la caja
3. Se somete a secado en estufa durante 24 horas a 105°C
4. Se pesa la muestra seca nuevamente más la caja
5. Se pesa la caja sola

Cálculos

Peso del agua= (Peso del suelo húmedo + caja) – (peso seco del suelo + caja)

Peso seco= (Peso seco del suelo + caja) – caja

% de humedad gravimétrica= (Peso del agua/peso seco) x 100

mg de CO<sub>2</sub>/g de suelo= mg de CO<sub>2</sub> obtenidos en la muestra/g de suelo seco

## **CAPÍTULO IV**

### **4. ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS**

En este análisis se realizó una observación directa de la problemática ambiental que son los incendios forestales en Colombia, fenómeno que en épocas de verano y con el calentamiento global son bastante comunes en este país.

Se puede deducir que no todos los incendios forestales y las quemadas son causadas por el hombre algunos de estos fenómenos son de origen natural, cuando se desata la fuerza destructiva de la naturaleza. Pero tradicionalmente se puede ver en algunas zonas del país que la población campesina recurre a las quemadas controladas para alistar terrenos para los diferentes cultivos. Estos procesos de quemadas controladas a pesar de ser una alternativa para la prevención de incendios forestales tienen su impacto directo en el suelo.

Para realizar esta investigación se estuvo buscando información de incendios forestales y quemadas controladas con el objetivo de mostrar a la gente que las quemadas tienen un impacto directo sobre la calidad del suelo y que su uso indiscriminado tiene consecuencias a largo plazo.

## 4.1 Resultados

Estos resultados se dieron mediante La prueba de aleatoriedad mediante dispersión de residuos. La prueba de independencia mediante corridas por encima y por debajo de la mediana. La prueba de homocedasticidad mediante la prueba de Fisher “F”. La prueba de normalidad mediante Test de Shapiro-Wilks

### 4.1.1 Densidad aparente (D.a)

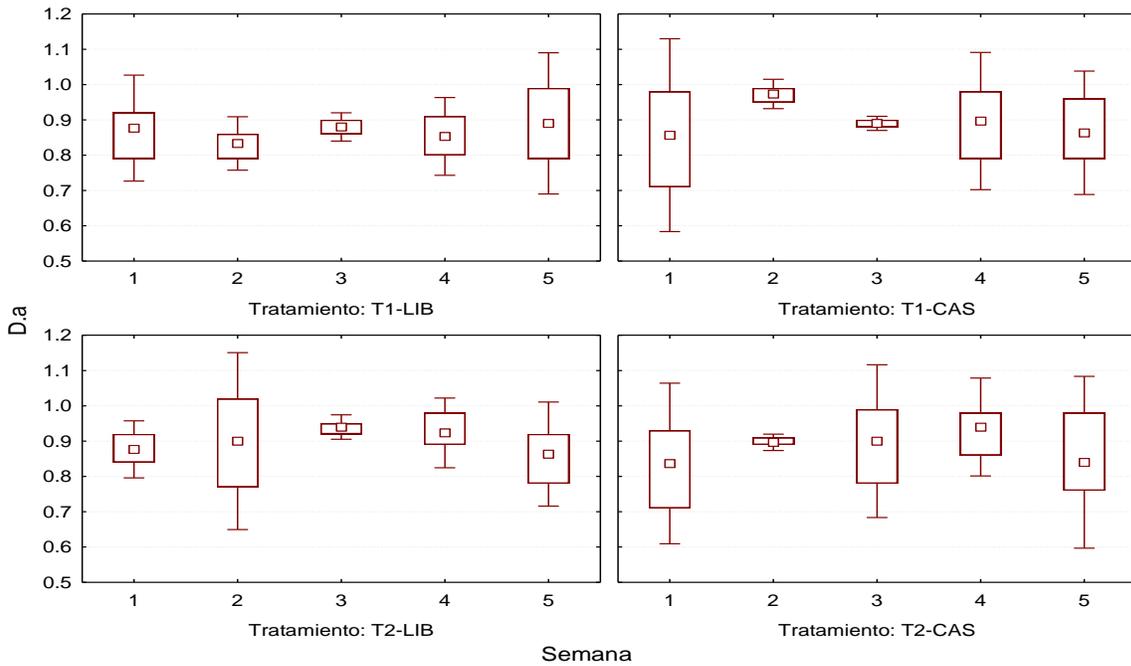
La densidad aparente de los suelos evaluados fluctúa entre **0.867 y 0.901 g/cc**, siendo el suelo sin quemar del municipio del Líbano (T1-LIB) el menos denso, , seguido por suelo quemado de Casabianca (T2-CAS), suelo sin quemar de Casabianca (T1-CAS) y suelo quemado de Líbano (T2-LIB). En términos generales, la densidad aparente aumentó en suelos quemados en el municipio del Líbano y disminuyó en los de Casabianca (Tabla 4.1).

Ahora bien, en cuanto al suelo sin quemar en Casabianca (T1-CAS), este evidenció una fluctuación en la densidad aparente a lo largo de las cinco semanas de estudio, con un valor conspicuo (más alto) en la semana 2. El suelo quemado en Casabianca (T2-CAS), tuvo un aumento considerable a partir de la semana 2 hasta la semana 4, con un descenso en la semana 5, siendo aun así el valor de la semana 1 el más bajo. El suelo sin quemar en Líbano (T1-LIB) presentó una fluctuación de los valores a lo largo de las cinco semanas, siendo el valor más alto el registrado en la semana 5. El suelo quemado en Líbano (T2-LIB), evidenció un aumento considerable hasta la semana 3, después de la cual descendió hasta el valor más bajo registrado; el valor más alto fue registrado en la semana 3 (Tabla 4.1, Figura 4.1). Según el análisis de varianza (ANOVA), no se encontraron diferencias estadísticas significativas para los valores de esta variable entre tratamientos ( $F=0.50$ ;  $p=0.68$ ;  $\alpha=0.05$ ), semanas ( $F=0.92$ ;  $p=0.46$ ;  $\alpha=0.05$ ) y su interacción tratamientos/semanas ( $F=0.57$ ;  $p=0.85$ ;  $\alpha=0.05$ ) (Figura 4.1).

**Tabla 4.1.** Densidad aparente (D.a) entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas.

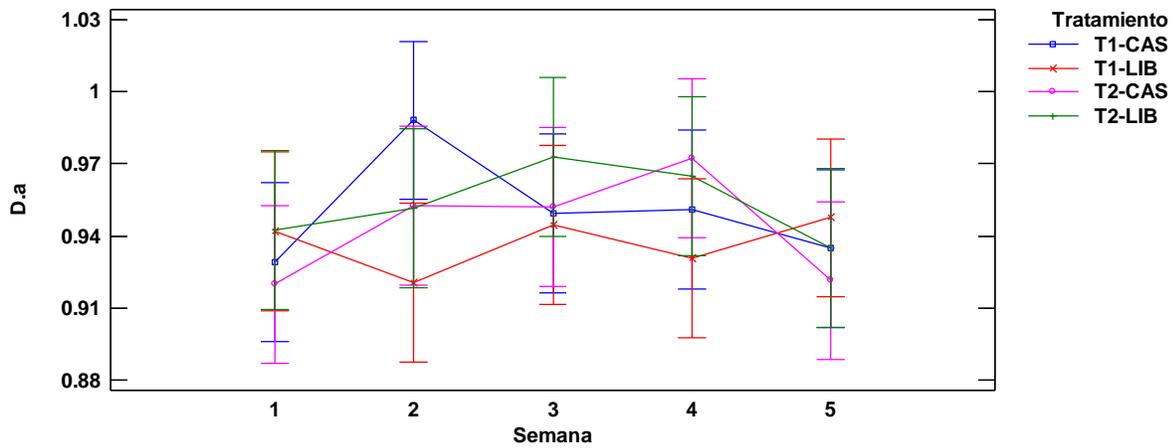
		Media ( $\mu$ )	Error estándar	Límite inferior	Límite Superior
<b>Tratamiento</b>	T1-CAS	0.896	0.021	0.854	0.938
	T1-LIB	0.867	0.021	0.825	0.908
	T2-CAS	0.883	0.021	0.841	0.924
	T2-LIB	0.901	0.021	0.859	0.942
<b>Semana, Tratamiento</b>	1,T1-CAS	0.857	0.046	0.764	0.950
	2,T1-CAS	0.973	0.046	0.880	1.066
	3,T1-CAS	0.890	0.046	0.797	0.983
	4,T1-CAS	0.897	0.046	0.804	0.990
	5,T1-CAS	0.863	0.046	0.770	0.956
	1,T2-CAS	0.837	0.046	0.744	0.930
	2,T2-CAS	0.897	0.046	0.804	0.990
	3,T2-CAS	0.900	0.046	0.807	0.993
	4,T2-CAS	0.940	0.046	0.847	1.033
	5,T2-CAS	0.840	0.046	0.747	0.933
	1,T1-LIB	0.877	0.046	0.784	0.970
	2,T1-LIB	0.833	0.046	0.740	0.926
	3,T1-LIB	0.880	0.046	0.787	0.973
	4,T1-LIB	0.853	0.046	0.760	0.946
	5,T1-LIB	0.890	0.046	0.797	0.983
	1,T2-LIB	0.877	0.046	0.784	0.970
	2,T2-LIB	0.900	0.046	0.807	0.993
	3,T2-LIB	0.940	0.046	0.847	1.033
	4,T2-LIB	0.923	0.046	0.830	1.016
	5,T2-LIB	0.863	0.046	0.770	0.956

Fuente: Autor



**Figura 4.1.** Densidad aparente (D.a) entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas.

**Fuente** los autores



**Figura 4.2.** Rangos múltiple LSD para la densidad aparente (D.a) para cada tratamiento (tipo de suelo) durante las semanas de estudio, sin diferencias estadísticas significativas **Fuente** los autores

#### 4.1.2 Humedad (%H)

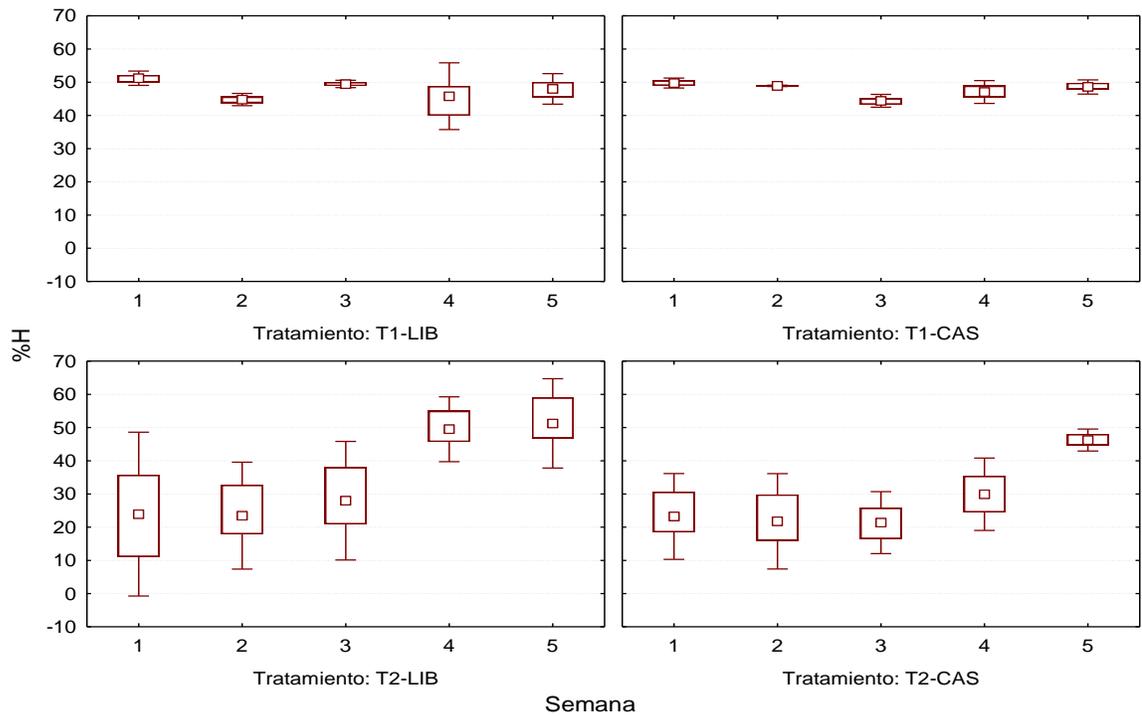
La humedad del suelo disminuyó cuando este fue expuesto a la quema; en Casabianca, el suelo sin quemar registró una humedad de 47.74% y el suelo quemado 28.51%; mientras que en Líbano, el suelo sin quemar registró una humedad de 47.85% y el suelo quemado 35.23% (Tabla 4.2).

El suelo sin quemar en Casabianca (T1-CAS) evidenció una fluctuación de la humedad en cinco semanas de estudio, siendo el valor más alto el de la semana 1, seguido por semana 2, semana 5, semana 4 y la más baja en la semana 3. El suelo quemado en Casabianca (T2-CAS) disminuyó sus valores desde la semana 1 hasta la semana 3, después de la cual se incrementó considerablemente hasta la semana 5, donde se registraron valores cercanos al 50% de humedad. El suelo sin quemar en Líbano (T1-LIB) registró una fluctuación en estos valores entre 44.80% y 51.20%, registrándose una mayor humedad en la semana 1, seguida por semana 3, semana 5, semana 4 y por último la semana 2. Por último, el suelo quemado en Líbano (T2-LIB) registró un aumento en los valores de esta variable desde 23.94% en la semana 1 hasta 51.27% en la última semana (Tabla 4.2, Figura 4.3).

**Tabla 4.2.** Humedad de los suelos (%H), entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas.

		Media ( $\mu$ )	Error estándar	Límite inferior	Límite superior
<b>Tratamiento</b>	T1-CAS	47.74	1.36	45.00	50.48
	T1-LIB	47.85	1.36	45.11	50.59
	T2-CAS	28.51	1.36	25.77	31.25
	T2-LIB	35.23	1.36	32.49	37.97
<b>Semana, Tratamiento</b>	1,T1-CAS	49.77	3.03	43.64	55.89
	2,T1-CAS	48.90	3.03	42.77	55.03
	3,T1-CAS	44.40	3.03	38.27	50.53
	4,T1-CAS	47.07	3.03	40.94	53.19
	5,T1-CAS	48.57	3.03	42.44	54.69
	1,T2-CAS	23.23	3.03	17.11	29.36
	2,T2-CAS	21.77	3.03	15.64	27.89
	3,T2-CAS	21.37	3.03	15.24	27.49
	4,T2-CAS	29.93	3.03	23.81	36.06
	5,T2-CAS	46.23	3.03	40.11	52.36
	1,T1-LIB	51.20	3.03	45.07	57.33
	2,T1-LIB	44.80	3.03	38.67	50.93
	3,T1-LIB	49.47	3.03	43.34	55.59
	4,T1-LIB	45.80	3.03	39.67	51.93
	5,T1-LIB	48.00	3.03	41.87	54.13
	1,T2-LIB	23.94	3.03	17.81	30.06
	2,T2-LIB	23.47	3.03	17.34	29.59
	3,T2-LIB	27.97	3.03	21.84	34.09
	4,T2-LIB	49.50	3.03	43.37	55.63
	5,T2-LIB	51.27	3.03	45.14	57.39

Fuente: Autor



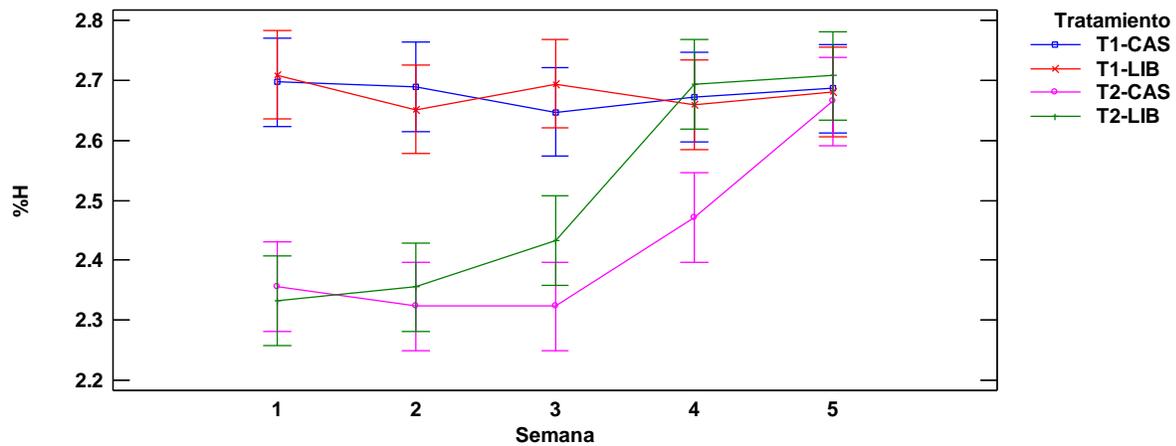
**Figura 4.3.** Humedad de los suelos (%H), entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas.  
Fuente: Autor

El análisis de varianza encontró diferencias estadísticas significativas de esta variable entre tratamientos (tipo de suelo) ( $F=29.86$ ;  $p<0.0001$ ;  $\alpha=0.05$ ), semanas evaluadas ( $F=9.14$ ;  $p<0.0001$ ;  $\alpha=0.05$ ) y la interacción de los tratamientos en las distintas semanas ( $F=3.86$ ;  $p=0.0006$ ;  $\alpha=0.05$ ) (Tabla 4.3, Figura 4.4).

**Tabla 4.3 .** Análisis de varianza ANOVA para la humedad del suelo (%H).

Fuente	Suma de cuadrados	d.f	Media	F	P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Semana	0.295	4	0.074	9.14	<0.0001
B:Tratamiento	0.724	3	0.242	29.86	<0.0001
INTERACCIÓN					
AB	0.374	12	0.032	3.86	0.0006
RESIDUAL	0.323	40	0.008		
TOTAL (CORREGIDO)	1.718	59			

Fuente: Autor



**Figura 4.4. Rangos múltiples LSD para la humedad del suelo (%H) en los diferentes tratamientos (tipo de suelo) durante las semanas evaluadas. Fuente: Autor**

#### 4.1.3 Infiltración (I)

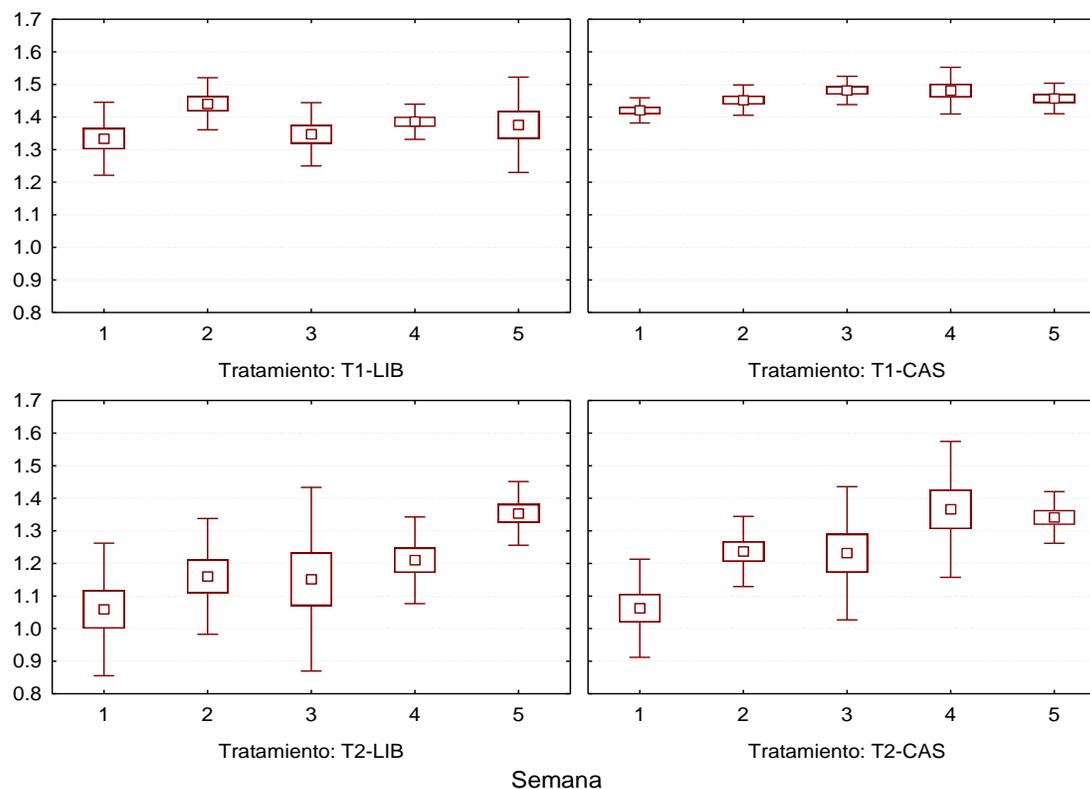
La capacidad de infiltración de los suelos en ambas localidades de estudio es mayor en suelos no expuestos a la quema. En el caso de los suelos evaluados en Casabianca, la capacidad de infiltración disminuyó de 2.88 mm/h a 1.84 mm/h cuando estos fueron quemados y este mismo comportamiento fue observado en el Líbano disminuyendo de 2.40 mm/h a 1.60 mm/h (Tabla 4.4).

Los suelos sin quemar en Casabianca (T1-CAS) evidenciaron un aumento en estos valores a lo largo de las cinco semanas de estudio, con valores conspicuos en la semana 3 y 4 que superan 3 mm/h. Aunque los suelos quemados en esta misma localidad (T2-CAS) tengan valores inferiores a los que no fueron expuestos, estos, tuvieron el mismo comportamiento de aumento a lo largo de las semanas de estudio con un valor superior en la semana 4. El suelo sin quemar en el municipio de Líbano (T1-LIB) presentó una fluctuación de los valores a lo largo de las cinco semanas con una leve tendencia a aumentar la capacidad de infiltración y un valor superior en la semana 2; y los suelos quemados en esta localidad (T2-LIB) (valores inferiores a los suelos no expuestos a quema), evidenciaron un aumento considerable hasta la última semana (Tabla 4.4, Figura 4.5).

**Tabla 4.4.** Infiltración de los suelos (I), entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas.

		<b>Media (<math>\mu</math>)</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Límite inferior</b>	<b>Límite Superior</b>
<b>Tratamiento</b>	T1-CAS	2.88	0.07	2.73	3.03
	T1-LIB	2.40	0.07	2.25	2.55
	T2-CAS	1.84	0.07	1.69	1.99
	T2-LIB	1.60	0.07	1.45	1.75
<b>Semana, Tratamiento</b>	1,T1-CAS	2.63	0.16	2.30	2.97
	2,T1-CAS	2.83	0.16	2.50	3.17
	3,T1-CAS	3.03	0.16	2.70	3.37
	4,T1-CAS	3.03	0.16	2.70	3.37
	5,T1-CAS	2.87	0.16	2.53	3.20
	1,T2-CAS	1.17	0.16	0.83	1.50
	2,T2-CAS	1.73	0.16	1.40	2.07
	3,T2-CAS	1.73	0.16	1.40	2.07
	4,T2-CAS	2.37	0.16	2.03	2.70
	5,T2-CAS	2.20	0.16	1.87	2.53
	1,T1-LIB	2.17	0.16	1.83	2.50
	2,T1-LIB	2.77	0.16	2.43	3.10
	3,T1-LIB	2.23	0.16	1.90	2.57
	4,T1-LIB	2.43	0.16	2.10	2.77
	5,T1-LIB	2.40	0.16	2.07	2.73
	1,T2-LIB	1.17	0.16	0.83	1.50
	2,T2-LIB	1.47	0.16	1.13	1.80
	3,T2-LIB	1.47	0.16	1.13	1.80
	4,T2-LIB	1.63	0.16	1.30	1.97
	5,T2-LIB	2.27	0.16	1.93	2.60

**Fuente: Autor**



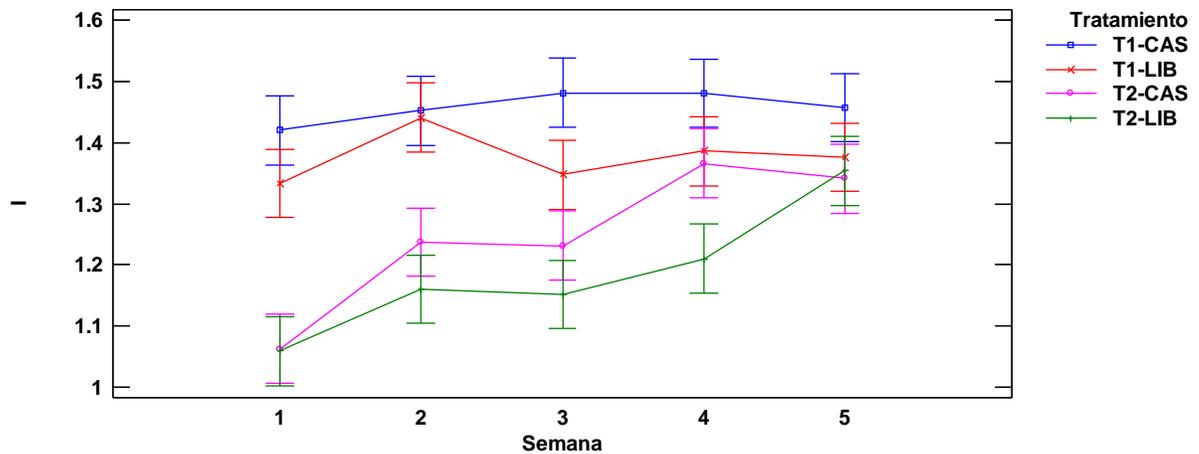
**Figura 4.5.** Capacidad de infiltración (I) en distintos tipos de suelo a lo largo de cinco semanas de estudio. Fuente: Autor

El análisis de varianza evidenció diferencias estadísticas significativas de esta variable entre tratamientos (tipo de suelo) ( $F=48.84$ ;  $p<0.0001$ ;  $\alpha=0.05$ ), semanas evaluadas ( $F=10.35$ ;  $p<0.0001$ ;  $\alpha=0.05$ ) y la interacción de los tratamientos en las distintas semanas ( $F=2.67$ ;  $p=0.0099$ ;  $\alpha=0.05$ ) (Tabla 4.5, Figura 4.6).

**Tabla 4.5.** Análisis de varianza ANOVA para la infiltración del suelo (I).

Fuente	Suma de cuadrados	d.f	Media	F	p
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Semana	0.192	4	0.048	10.35	<0.0001
B:Tratamiento	0.679	3	0.226	48.84	<0.0001
INTERACCIONES					
AB	0.148	12	0.012	2.67	0.0099
RESIDUALES	0.185	40	0.004		
TOTAL (CORREGIDO)	1.206	59			

Fuente: Autor



**Figura 4.6. Rangos múltiples LSD para la capacidad de infiltración de los suelos (I) en los diferentes tratamientos (tipo de suelo) durante las semanas evaluadas. Fuente: Autor**

#### 4.1.4 Potencial de hidrógeno (pH)

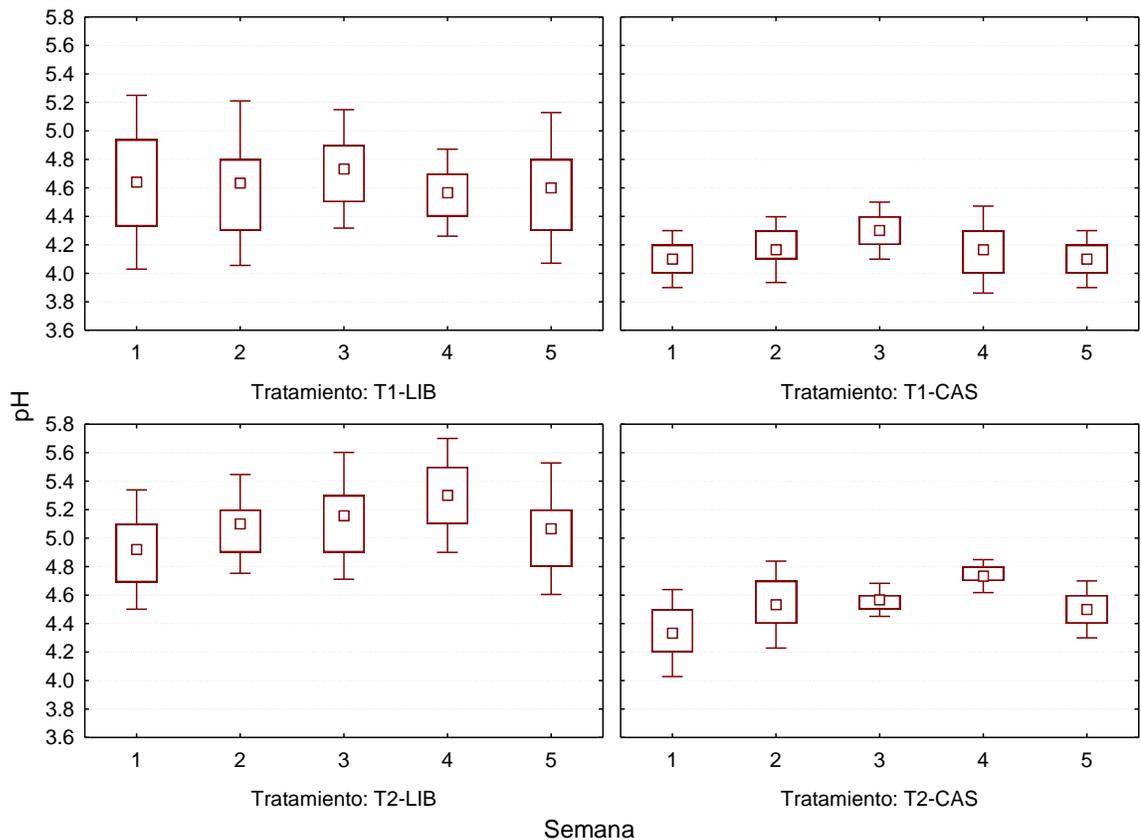
El pH de todos los suelos evaluados es de carácter ácido y estos muestran valores que fluctúan entre 4.2 y 5.1, con mínimos de 4.1 y máximos de 5.2. En cuanto a los suelos del municipio de Casabianca, el suelo sin quemar (T1-CAS) fue el más ácido; este mismo comportamiento lo presentan los suelos del municipio de Líbano. En términos generales, los suelos del municipio de Casabianca son más ácidos que los de Líbano (Tabla 4.6).

El suelo sin quemar en Casabianca (T1-CAS) mostró un aumento en el pH hasta la semana 3, luego de la cual disminuyó hasta los mismos valores expuestos en las dos primeras semanas, mientras que los suelos quemados en esta misma localidad (T2-CAS) tuvieron un aumento desde 4.3 en la semana 1 hasta 4.7 en la semana 4, disminuyendo a 4.5 en la semana 5. En cuanto al municipio de Líbano, el suelo sin quemar (T1-LIB) presentó un aumento de pH desde 4.6 en la semana 1 hasta 4.7 en la semana 3, a partir de la cual disminuyó nuevamente a 4.6 en las semanas 4 y 5; por último, el suelo quemado (T2-LIB), presentó un aumento constante desde 4.9 en la semana 1 hasta 5.3 en la semana 4, disminuyendo a 5.1 en la semana 5 (Tabla 4.6, Figura 4.7).

**Tabla 4.6.** Potencial de hidrógeno (pH) entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas.

		<b>Media (<math>\mu</math>)</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>
<b>Tratamiento</b>	T1-CAS	4.17	0.05	4.07	4.26
	T1-LIB	4.63	0.05	4.54	4.73
	T2-CAS	4.53	0.05	4.44	4.63
	T2-LIB	5.11	0.05	5.02	5.21
<b>Semana, Tratamiento</b>	1,T1-CAS	4.10	0.11	3.89	4.31
	2,T1-CAS	4.17	0.11	3.95	4.38
	3,T1-CAS	4.30	0.11	4.09	4.51
	4,T1-CAS	4.17	0.11	3.95	4.38
	5,T1-CAS	4.10	0.11	3.89	4.31
	1,T2-CAS	4.33	0.11	4.12	4.55
	2,T2-CAS	4.53	0.11	4.32	4.75
	3,T2-CAS	4.57	0.11	4.35	4.78
	4,T2-CAS	4.73	0.11	4.52	4.95
	5,T2-CAS	4.50	0.11	4.29	4.71
	1,T1-LIB	4.63	0.11	4.42	4.85
	2,T1-LIB	4.63	0.11	4.42	4.85
	3,T1-LIB	4.73	0.11	4.52	4.95
	4,T1-LIB	4.57	0.11	4.35	4.78
	5,T1-LIB	4.60	0.11	4.39	4.81
	1,T2-LIB	4.93	0.11	4.72	5.15
	2,T2-LIB	5.10	0.11	4.89	5.31
	3,T2-LIB	5.17	0.11	4.95	5.38
	4,T2-LIB	5.30	0.11	5.09	5.51
	5,T2-LIB	5.07	0.11	4.85	5.28

**Fuente: Autor**



**Figura 4.7. Potencial de hidrógeno (pH) entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas. Fuente: Autor**

Según el análisis de varianza (ANOVA), sólo fueron encontradas diferencias estadísticas significativas para los valores de esta variable entre tratamientos ( $F=68.95$ ;  $p<0.001$ ;  $\alpha=0.05$ ). El análisis entre semanas ( $F=2.52$ ;  $p=0.0561$ ,  $\alpha=0.05$ ) y la interacción tratamientos/semanas ( $F=0.67$ ;  $p=0.7650$ ;  $\alpha=0.05$ ) no fueron significativamente diferentes (Tabla 4.7, Figura 4.8).

El aumento de pH en el suelo con quema de Líbano (T2 LIB) podría explicarse por la liberación por mineralización de las bases de cambio contenidas en los compuestos orgánicos y por el contenido inicial de N. De acuerdo a lo expuesto en el presente estudio la quema de los suelos tiende a aumentar el pH cuando el suelo es ácido.

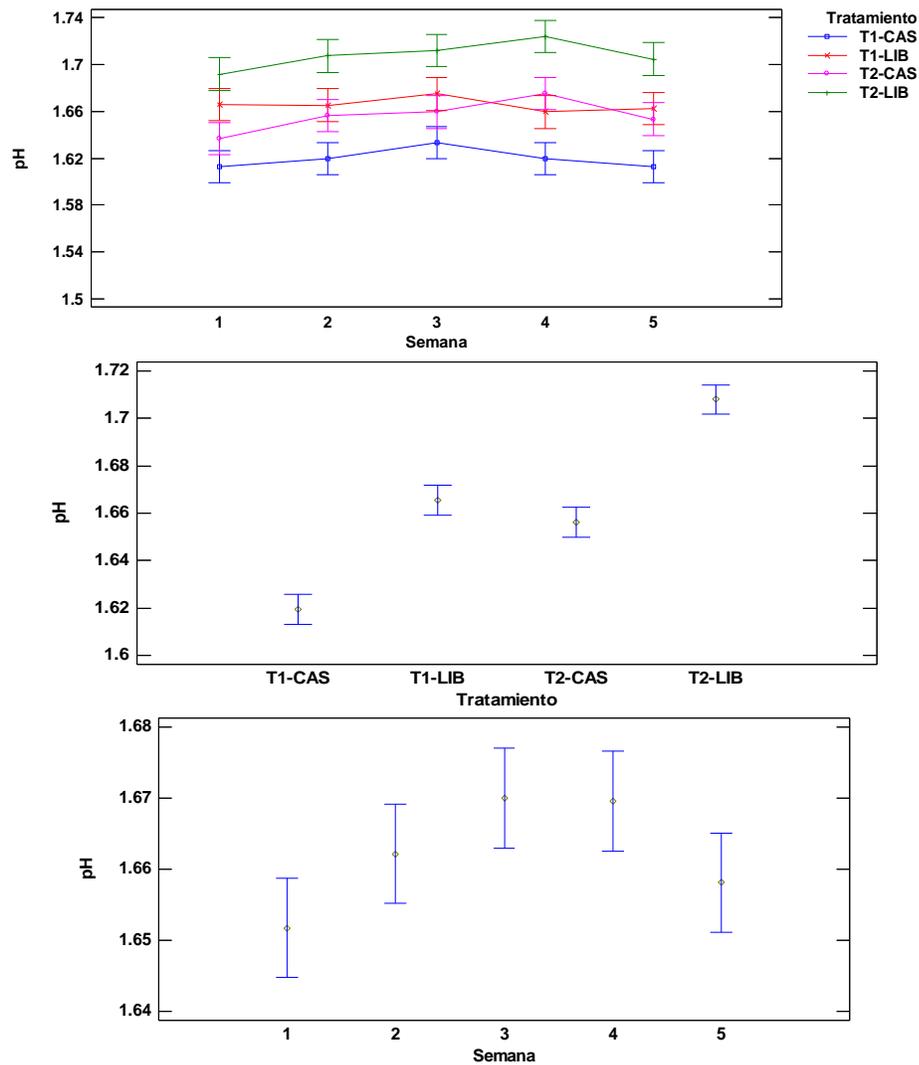
En esta misma dirección el carbono orgánico en el municipio de Casabianca, aumento cuando los suelos fueron quemados, mientras que en el municipio de Líbano, también aumento con las quemas. Según el análisis de varianza, no hay diferencias estadísticas significativas para los valores de esta variable entre tratamientos ni tampoco entre semanas, pero la interacción de tratamientos - semanas sí evidenció diferencias estadísticas exactamente en la semana 3 del suelo sin quema del municipio de Casabianca (T1-CAS).

Lo anterior afirma que el Carbono orgánico del suelo se encuentra en forma de residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos, en forma de humus.

**Tabla 4.7.** Análisis de varianza ANOVA para el potencial de hidrógeno (pH).

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>d.f</b>	<b>Media</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Semana	0.003	4	0.0007	2.52	0.0561
B:Tratamiento	0.059	3	0.0197	68.95	<0.0001
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0.002	12	0.0001	0.67	0.7650
RESIDUALES	0.011	40	0.0002		
TOTAL (CORREGIDO)	0.075	59			

**Fuente** los autores



**Figura 4.8.** Rangos múltiples LSD para el pH de los suelos en los diferentes tratamientos (tipo de suelo) durante las semanas evaluadas. Fuente: Autor.

#### 4.1.5 Carbono orgánico (CO)

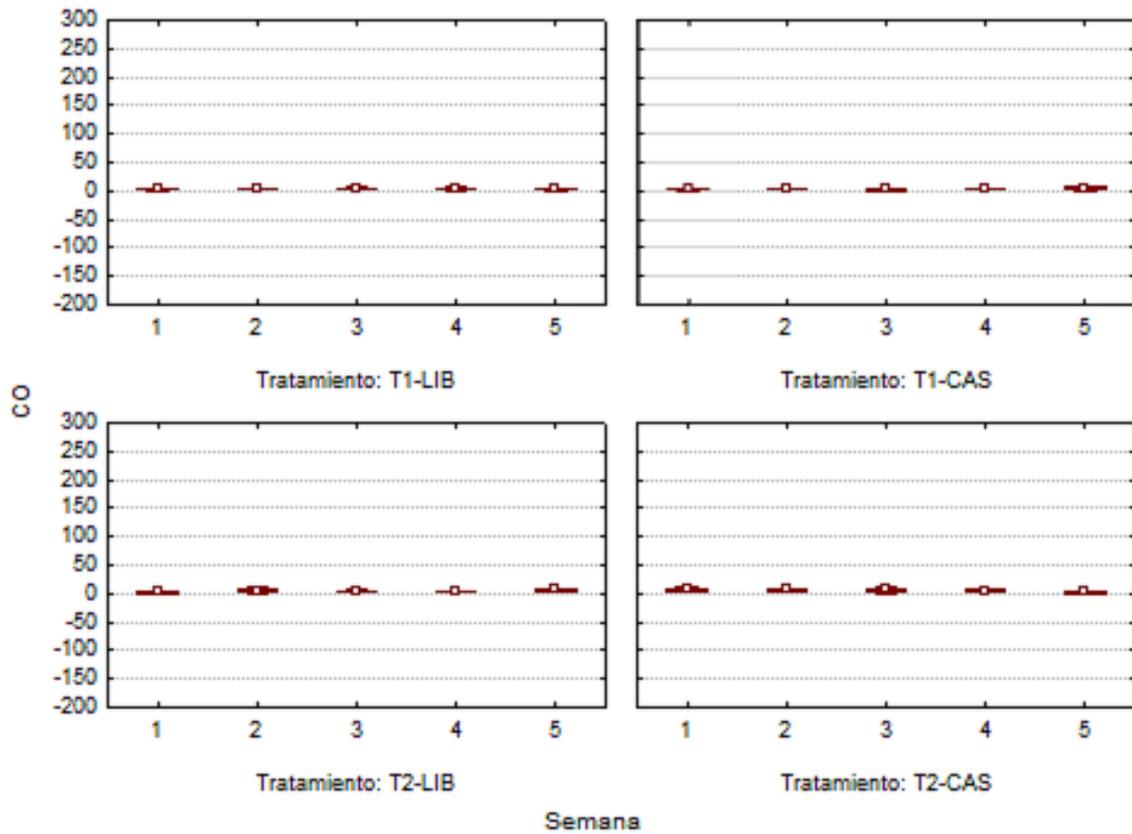
El carbono orgánico en los suelos del municipio de Líbano fue menor mostrando valores de 3.45 para los suelos sin quemar (T1-LIB) y 4.30 en suelos quemados (T2-LIB), mientras que en Casabianca, los suelos sin quemar evidenciaron valores de 3.16 (T1-CAS) y los suelos quemados 5.20 (T2-CAS). En general, en el municipio de Casabianca, el carbono orgánico aumento cuando los suelos fueron quemados, mientras que en el municipio de Líbano, presento el mismo comportamiento frente a la quemas (Tabla 4.8).

En cuanto al suelo sin quemar en Casabianca (T1-CAS), este evidenció valores altos durante la semana 1 (CO = 6,2) y valores más bajos durante las siguientes semanas que oscilan entre 1.35 en la semana 3, 2.31 en la semana 4, 2.59 en la semana 2 y 3.35 en la semana 5. Cuando los suelos en esta misma localidad fueron expuestos a la quema (T2-CAS), se evidenció una notable y constante disminución desde la semana 1 (CO = 7.12) hasta la semana 5 (CO = 1.85). En el caso del municipio de Líbano, el suelo sin quemar (T1-LIB) presentó un aumento desde 2.57 en la semana 1 hasta 4.34 en la semana 4, a partir de la cual disminuye a 2.98 en la semana 5. Por último, el suelo quemado de esta localidad (T2-LIB) mostró una fluctuación en los valores de esta variable entre 2.36 en la semana 1, aumento a 5.26 en la semana 2, disminución a 4.15 en la semana 3, 4.18 en la semana 4 y aumento a 5.56 en la semana 5 (Tabla 4.8, Figura 4.9).

**Tabla 4.8.** Carbono orgánico (CO) entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas.

		Media ( $\mu$ )	Error estándar	Límite inferior	Límite superior
<b>Tratamiento</b>	T1-CAS	3.16	5.96	2.27	26.37
	T1-LIB	3.45	5.96	-8.61	15.50
	T2-CAS	5.20	5.96	-6.85	17.25
	T2-LIB	4.30	5.96	-7.75	16.35
<b>Semana, Tratamiento</b>	1,T1-CAS	6.20	13.33	35.05	88.94
	2,T1-CAS	2.59	13.33	-24.36	29.54
	3,T1-CAS	1.35	13.33	-25.60	28.29
	4,T1-CAS	2.31	13.33	-24.64	29.26
	5,T1-CAS	3.35	13.33	-23.60	30.29
	1,T2-CAS	7.12	13.33	-19.82	34.07
	2,T2-CAS	6.00	13.33	-20.95	32.95
	3,T2-CAS	5.95	13.33	-21.00	32.89
	4,T2-CAS	5.09	13.33	-21.86	32.03
	5,T2-CAS	1.85	13.33	-25.10	28.79
	1,T1-LIB	2.57	13.33	-24.38	29.51
	2,T1-LIB	3.44	13.33	-23.51	30.38
	3,T1-LIB	3.90	13.33	-23.05	30.84
	4,T1-LIB	4.34	13.33	-22.60	31.29
	5,T1-LIB	2.98	13.33	-23.96	29.93
	1,T2-LIB	2.36	13.33	-24.59	29.31
	2,T2-LIB	5.26	13.33	-21.69	32.21
	3,T2-LIB	4.15	13.33	-22.80	31.09
	4,T2-LIB	4.18	13.33	-22.77	31.13
	5,T2-LIB	5.56	13.33	-21.39	32.51

Fuente los autores



**Figura 4.9.** Carbono orgánico (CO) entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas.  
Fuente los autores

Según el análisis de varianza (ANOVA), no hay diferencias estadísticas significativas para los valores de esta variable entre tratamientos ( $F=1.30$ ;  $p=0.2862$ ;  $\alpha=0.05$ ) y entre semanas ( $F=0.72$ ;  $p=0.5810$ ;  $\alpha=0.05$ ), pero la interacción tratamientos entre semanas si evidenció diferencias estadísticas ( $F=2.12$ ;  $p=0.037$ ;  $\alpha=0.05$ ) (Tabla 4.9, Figura 4.10).

**Tabla 4.9.** Análisis de varianza ANOVA para el carbono orgánico (CO).

Fuente	Suma de cuadrados	d.f	Media	F	P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Semana	0.247	4	0.061	0.72	0.5810
B:Tratamiento	0.334	3	0.111	1.30	0.2862
INTERACCIONES					
AB	2.178	12	0.181	2.12	0.0374
RESIDUALES	3.420	40	0.085		
TOTAL (CORREGIDO)	6.181	59			

Fuente: Autor

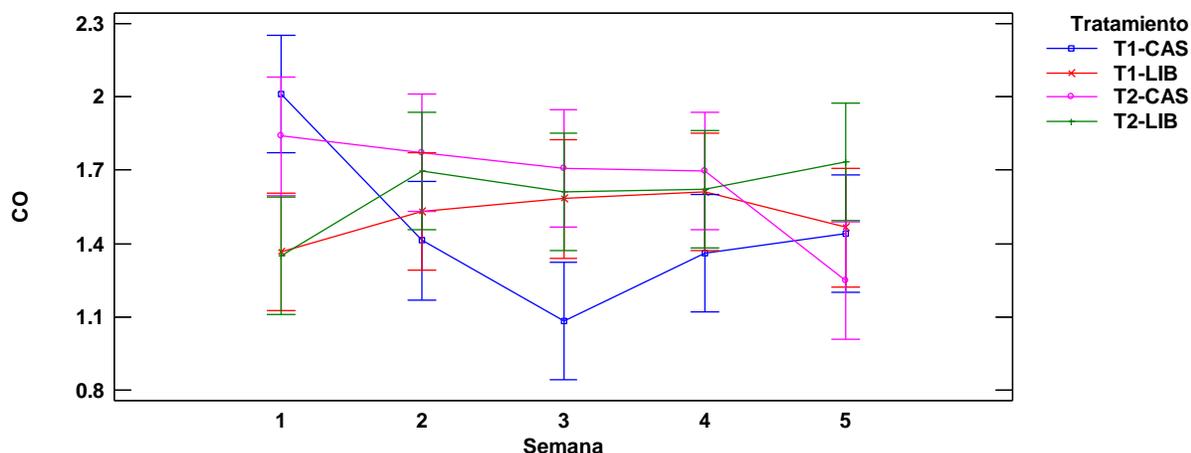


Figura 4.10. Rangos múltiples LSD para el carbono orgánico (CO) de los suelos en los diferentes tratamientos (tipo de suelo) durante las semanas evaluadas. Fuente: Autor.

#### 4.1.6 Nitrógeno Total (NT)

El nitrógeno total de los suelos evaluados fluctúa entre 0.41 y 0.61, siendo el suelo sin quemar del municipio de Casabianca (T1-CAS) el de menores valores en esta variable, seguido por suelo sin quemar de Líbano (T1-LIB), suelo quemado de Líbano (T2-LIB) y suelo quemado de Casabianca (T2-CAS). En términos generales, el nitrógeno total fue mayor en suelos quemados que en suelos no expuestos a la quema en ambas localidades (Tabla 4.10).

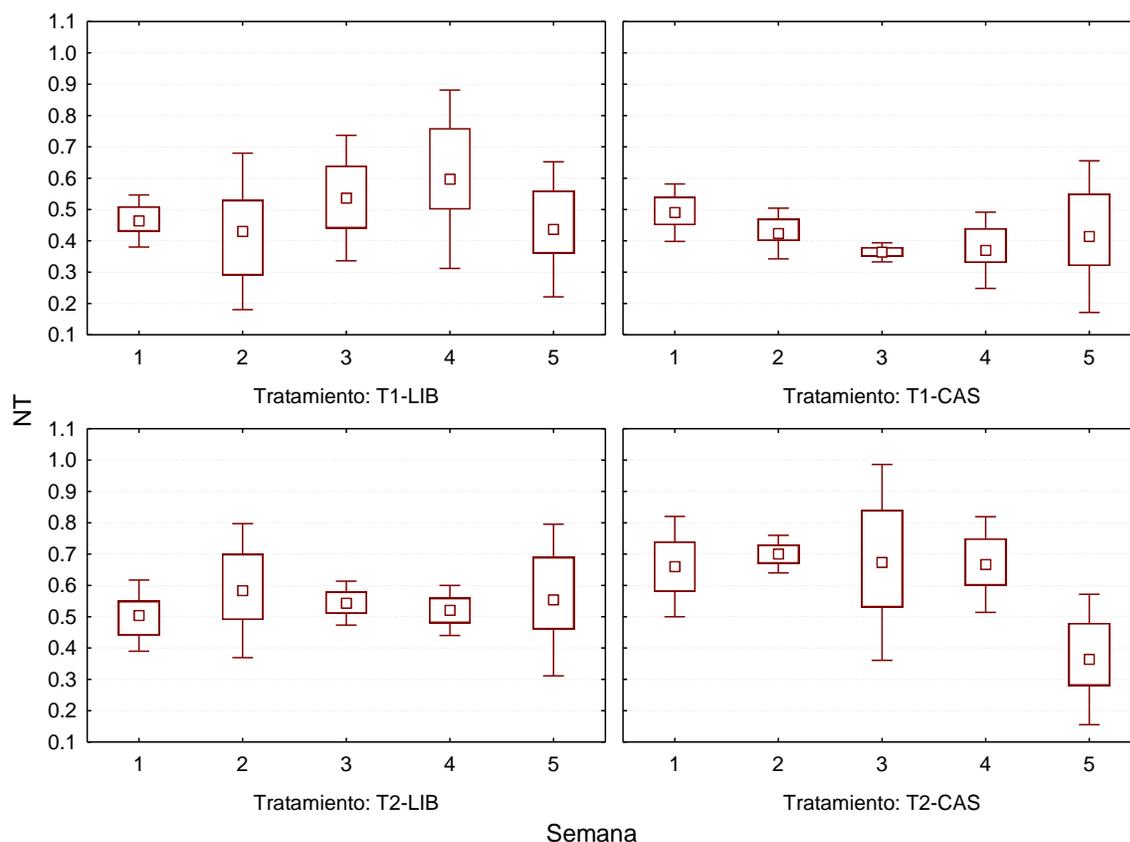
Ahora bien, en cuanto al suelo no expuesto a la quema en el municipio de Casabianca (T1-CAS), se evidenció una disminución en la concentración de nitrógeno desde la semana 1 (NT = 0.49) hasta la semana 3 (NT = 0.36) y posteriormente un aumento hasta la semana 5 (NT = 0.41). En el suelo quemado de Casabianca (T2-CAS) se registraron valores fluctuantes de esta variable, siendo mayor en la semana 2 (NT = 0.70) y menor en la semana 5 (NT = 0.36). El suelo sin quemar en el Líbano (T1-LIB) presentó igualmente una fluctuación en la concentración de nitrógeno con valores superiores en las semanas 4 (NT = 0.60) y 3 (NT = 0.54), seguido por la semana 1 (NT = 0.46), semana 5 (NT = 0.44) y por último semana 2 (NT = 0.43). A diferencia del suelo quemado en esta localidad (T2-LIB),

aunque se presentaron concentraciones de nitrógeno fluctuantes, la semana 2 evidenció los valores más altos (NT = 0.58), seguido por la semana 5 (NT = 0.55), semana 3 (NT = 0.54), semana 4 (NT = 0.52) y semana 1 (NT = 0.50) (Tabla 4.10, Figura 4.11).

**Tabla 4.10.** Nitrógeno total (NT) entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas.

		Media ( $\mu$ )	Error estándar	Límite inferior	Límite Superior
<b>Tratamiento</b>	T1-CAS	0.41	0.02	0.37	0.46
	T1-LIB	0.49	0.02	0.45	0.54
	T2-CAS	0.61	0.02	0.57	0.66
	T2-LIB	0.54	0.02	0.49	0.59
<b>Semana, Tratamiento</b>	1,T1-CAS	0.49	0.05	0.38	0.60
	2,T1-CAS	0.42	0.05	0.32	0.53
	3,T1-CAS	0.36	0.05	0.26	0.47
	4,T1-CAS	0.37	0.05	0.26	0.48
	5,T1-CAS	0.41	0.05	0.31	0.52
	1,T2-CAS	0.66	0.05	0.55	0.77
	2,T2-CAS	0.70	0.05	0.59	0.81
	3,T2-CAS	0.67	0.05	0.57	0.78
	4,T2-CAS	0.67	0.05	0.56	0.77
	5,T2-CAS	0.36	0.05	0.26	0.47
	1,T1-LIB	0.46	0.05	0.36	0.57
	2,T1-LIB	0.43	0.05	0.32	0.54
	3,T1-LIB	0.54	0.05	0.43	0.64
	4,T1-LIB	0.60	0.05	0.49	0.70
	5,T1-LIB	0.44	0.05	0.33	0.54
	1,T2-LIB	0.50	0.05	0.40	0.61
	2,T2-LIB	0.58	0.05	0.48	0.69
	3,T2-LIB	0.54	0.05	0.44	0.65
	4,T2-LIB	0.52	0.05	0.41	0.63
	5,T2-LIB	0.55	0.05	0.45	0.66

Fuente: Autor



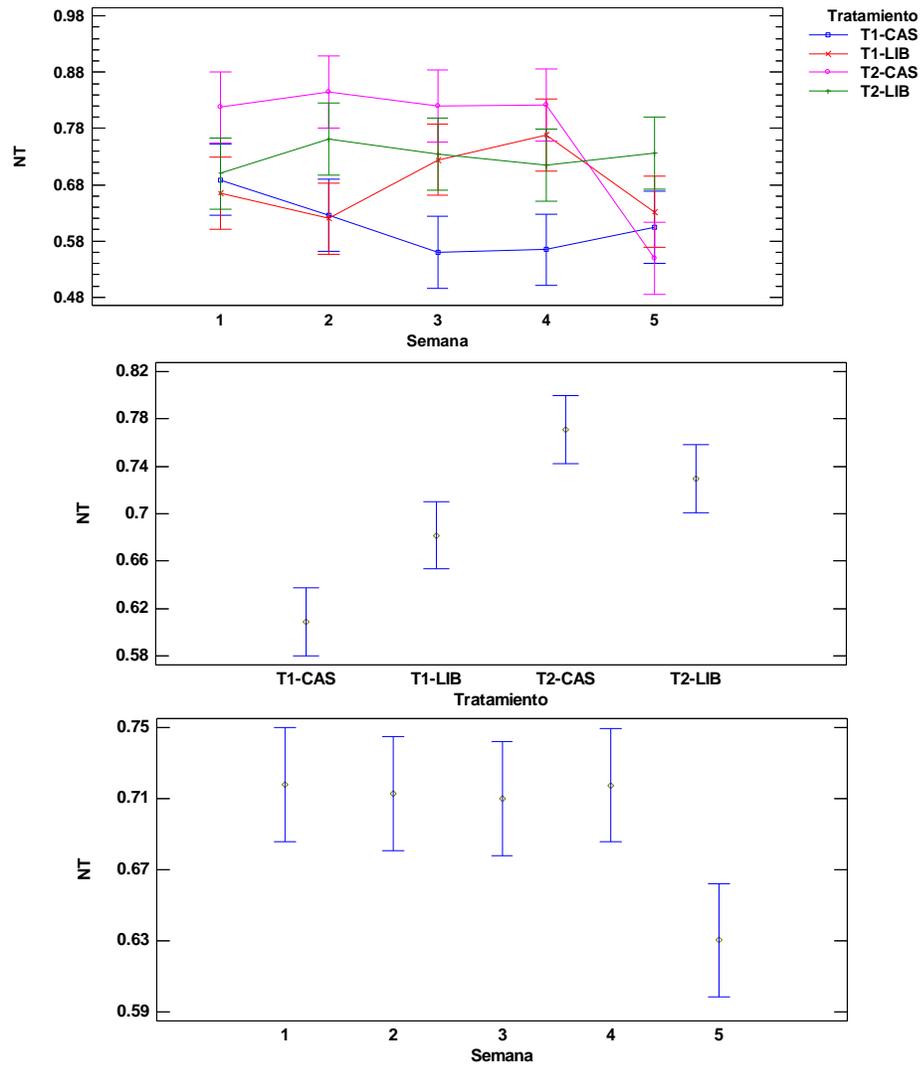
**Figura 4.11.** Nitrógeno total (NT) entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas.  
Fuente: Autor.

Según el análisis de varianza (ANOVA), se encontraron diferencias estadísticas significativas para los valores de esta variable entre tratamientos ( $F=12.15$ ;  $p<0.0001$ ;  $\alpha=0.05$ ), semanas ( $F=2.86$ ;  $p=0.0358$ ;  $\alpha=0.05$ ) y su interacción tratamientos/semanas ( $F=2.86$ ;  $p=0.0063$ ;  $\alpha=0.05$ ) (Tabla 4.11, Figura 4.12).

**Tabla 4.11.** Análisis de varianza ANOVA para el nitrógeno total (NT).

Fuente	Suma de cuadrados	d.f	Media	F	p
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Semana	0.068	4	0.017	2.86	0.0358
B:Tratamiento	0.217	3	0.072	12.15	<0.0001
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0.204	12	0.017	2.86	0.0063
RESIDUALES	0.239	40	0.005		
TOTAL (CORREGIDO)	0.730	59			

Fuente: Autor



**Figura 4.12.** Rangos múltiples LSD para el nitrógeno total (NT) de los suelos en los diferentes tratamientos (tipo de suelo) durante las semanas evaluadas. Fuente: Autor

#### 4.1.7 Respiración microbiana en el componente suelo ( $TR_{mgCO}$ )

La variable  $TR_{mgCO}$  fue mayor en los suelos del municipio de Casabianca, en el cual, el suelo sin quema tuvo valores inferiores ( $TR_{mgCO} = 519.39\text{mg}$ ) al suelo quemado ( $TR_{mgCO} = 548.31\text{mg}$ ). Este mismo comportamiento fue observado en los suelos del municipio de Líbano, lo que en términos generales implicó un aumento en los valores de esta variable cuando los suelos fueron expuestos a la quema (Tabla 4.12).

**Tabla 4.12.** TRmgCO entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas.

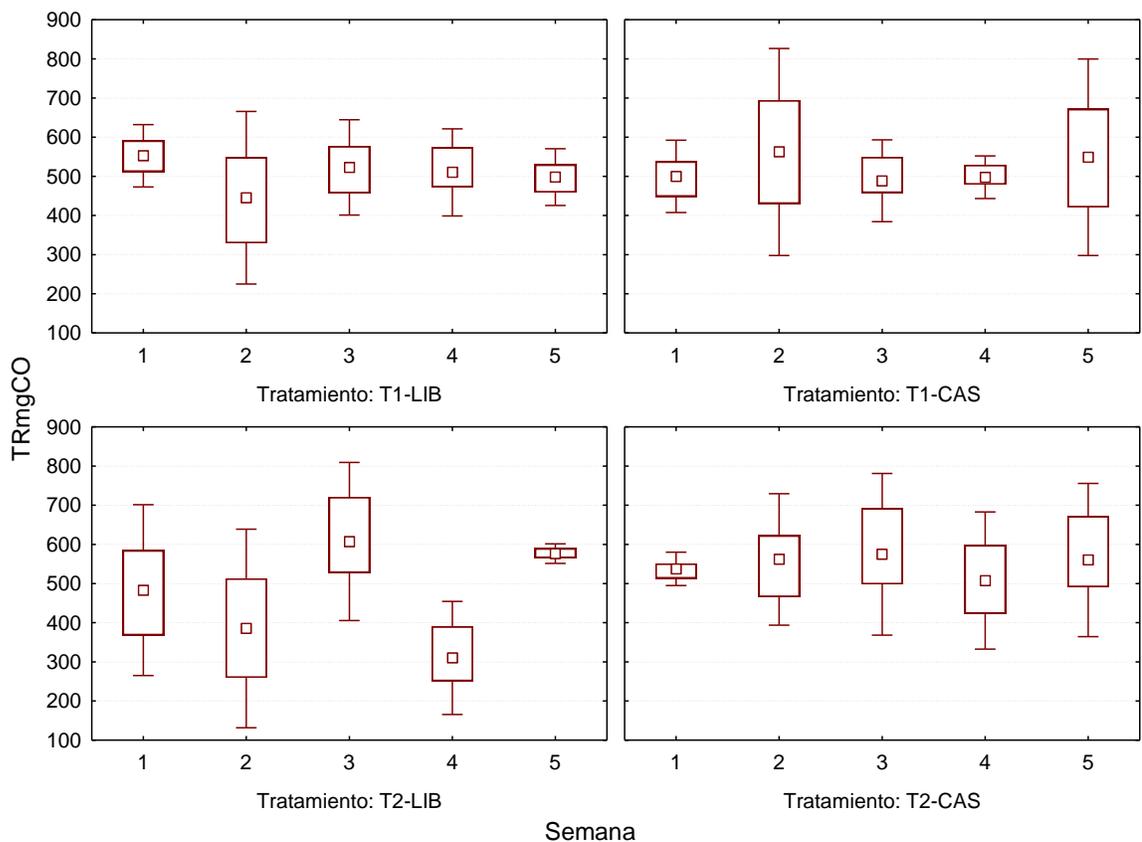
		Media ( $\mu$ )	Error estándar	Límite inferior	Límite superior
<b>Tratamiento</b>	T1-CAS	519.39	21.57	475.79	562.98
	T1-LIB	505.81	21.57	462.21	549.40
	T2-CAS	548.31	21.57	504.71	591.90
	T2-LIB	472.42	21.57	428.82	516.02
<b>Semana, Tratamiento</b>	1,T1-CAS	499.87	48.24	402.38	597.35
	2,T1-CAS	562.10	48.24	464.61	659.59
	3,T1-CAS	488.67	48.24	391.18	586.15
	4,T1-CAS	497.63	48.24	400.15	595.12
	5,T1-CAS	548.67	48.24	451.18	646.15
	1,T2-CAS	537.53	48.24	440.05	635.02
	2,T2-CAS	561.67	48.24	464.18	659.15
	3,T2-CAS	574.67	48.24	477.18	672.15
	4,T2-CAS	507.67	48.24	410.18	605.15
	5,T2-CAS	560.00	48.24	462.51	657.49
	1,T1-LIB	552.47	48.24	454.98	649.95
	2,T1-LIB	445.40	48.24	347.91	542.89
	3,T1-LIB	522.83	48.24	425.35	620.32
	4,T1-LIB	510.10	48.24	412.61	607.59
	5,T1-LIB	498.23	48.24	400.75	595.72
	1,T2-LIB	483.17	48.24	385.68	580.65
	2,T2-LIB	385.23	48.24	287.75	482.72
	3,T2-LIB	607.33	48.24	509.85	704.82
	4,T2-LIB	310.07	48.24	212.58	407.55
	5,T2-LIB	576.30	48.24	478.81	673.79

**Fuente: Autor**

Por otro lado el análisis temporal (semanas) para cada tratamiento en los municipios de Libano y Casabianca presentaron una fluctuación de la humedad en las cinco semanas de estudio.

Es así como se evidenció que en el suelo que no fue expuesto a la quema del municipio de Casabianca correspondiente al (T1- CAS) presentó una fluctuación de la humedad en las cinco semanas de estudio, encontrándose el valor más alto en la semana 2 (TRmgCO = 562.1mg) seguido por la semana 5, semana 1, semana 4 y por último la semana 3 (TRmgCO = 488.67mg). Seguidamente el suelo quemado de Casabianca (T2-CAS), presento resultados que fueron aumentando desde la semana 1 con valores de (TRmgCO = 537.53mg) hasta la semana 3 (TRmgCO = 574.67mg) disminuyendo en la semana 4 a TRmgCO = 507.67mg, sin embargo se observó que en la semana 5 aumento a TRmgCO = 560mg

Para el caso del municipio de Líbano, el suelo no expuesto a la quema (T1-LIB) registró una leve fluctuación en los valores entre TRmgCO = 552.47mg en la semana 1 hasta TRmgCO = 498.23mg en la semana 5, con un valor inferior en la semana 2 (TRmgCO = 445.40mg). Por último, el suelo expuesto a la quema en este municipio (T2-LIB) registró fluctuaciones entre las distintas semanas, presentando valores más conspicuos en las semanas 3 (TRmgCO = 607.33mg) y 5 (TRmgCO = 576.30mg) y un valor inferior en la semana 4 (TRmgCO = 310.07mg) (Tabla 4.12, Figura 4.13).



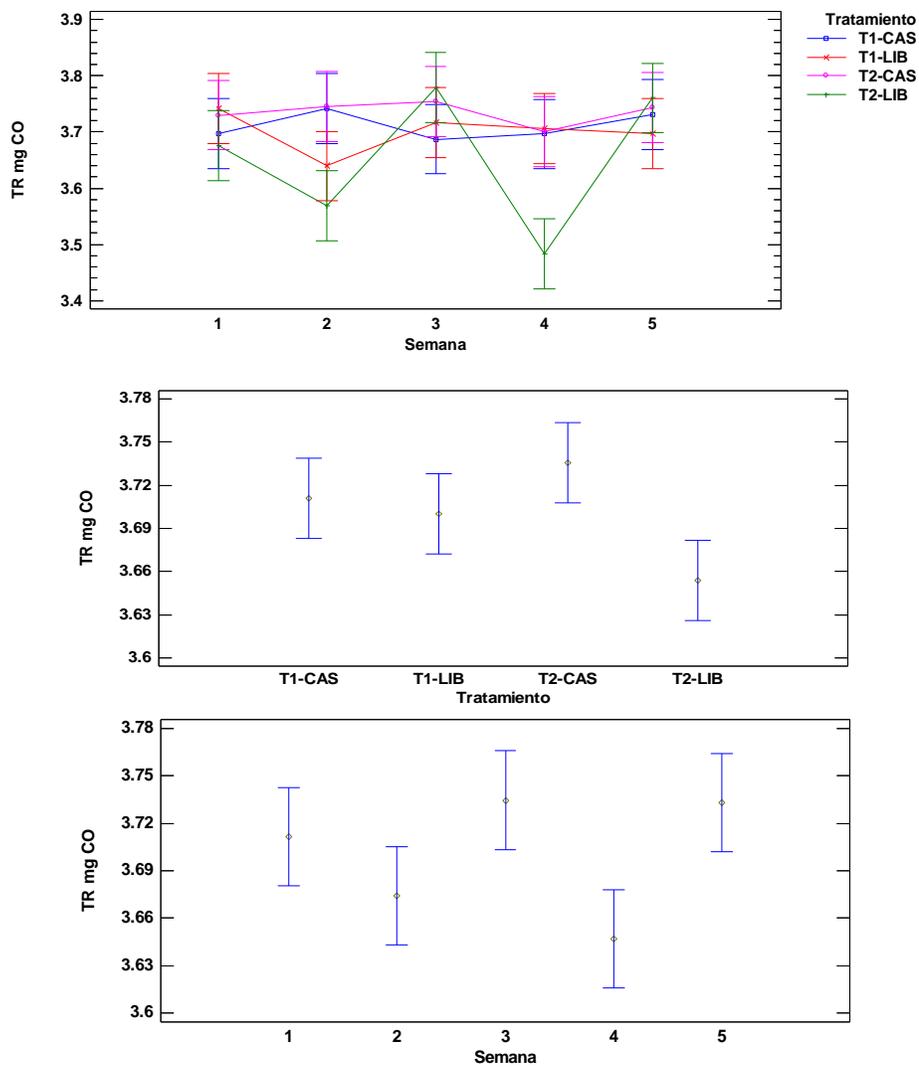
**Figura 4.13. Respiración Microbiana - TR mg CO<sub>2</sub> entre tratamientos (tipos de suelo) y semanas. Fuente: Autor.**

Según el análisis de varianza (ANOVA), se encontraron diferencias estadísticas significativas para los valores de esta variable entre tratamientos ( $F=3.07$ ;  $p=0.0387$ ;  $\alpha=0.05$ ), semanas ( $F=3.12$ ;  $p=0.0251$ ;  $\alpha=0.05$ ) y su interacción tratamientos/semanas ( $F=2.19$ ;  $p=0.0315$ ;  $\alpha=0.05$ ) (Tabla 4.13, Figura 4.14).

**Tabla 4.13.** Análisis de varianza ANOVA para el TRmgCO.

Fuente	Suma de cuadrados	d.f	Media	F	p
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Semana	0.071	4	0.017	3.12	0.0251
B:Tratamiento	0.052	3	0.017	3.07	0.0387
INTERACCIONES					
AB	0.149	12	0.012	2.19	0.0315
RESIDUALES	0.227	40	0.005		
TOTAL (CORREGIDO)	0.500	59			

Fuente: Autor



**Figura 4.14.** Rangos múltiples LSD para el TR mg CO de los suelos en los diferentes tratamientos (tipo de suelo) durante las semanas evaluadas. Fuente: Autor.

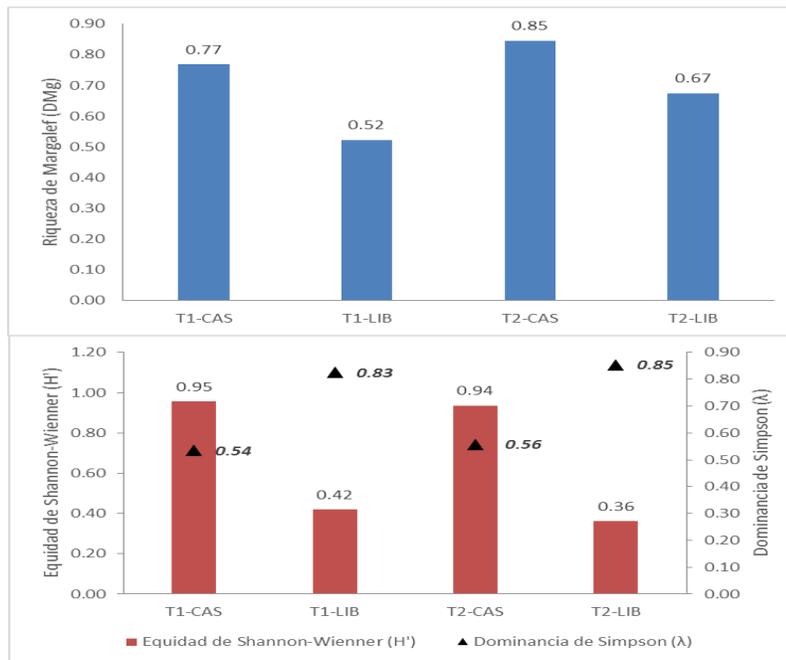
## **4.2. ORGANISMOS ASOCIADOS A LOS SUELOS**

### **4.2.1. Riqueza específica.**

En términos generales fueron encontrados seis (6) taxones representativos en los suelos analizados, a diferencia del suelo no expuesto a la quema en el municipio del Líbano, donde sólo se encontraron cinco (5). La mayor riqueza (DMg) fue observada en el municipio de Casabianca, donde el suelo expuesto a la quema (T2-CAS) mostró el valor más alto (DMg = 0.85), seguido por el suelo no expuesto a la quema (T1-CAS) (DMg = 0.77), suelo con quema del municipio de Líbano (T2-LIB) (DMg = 0.67) y por último el suelo sin quema del mismo municipio (T1-LIB) (DMg = 0.52) (Figura 4.15).

### **4.2.2. Diversidad y estructura.**

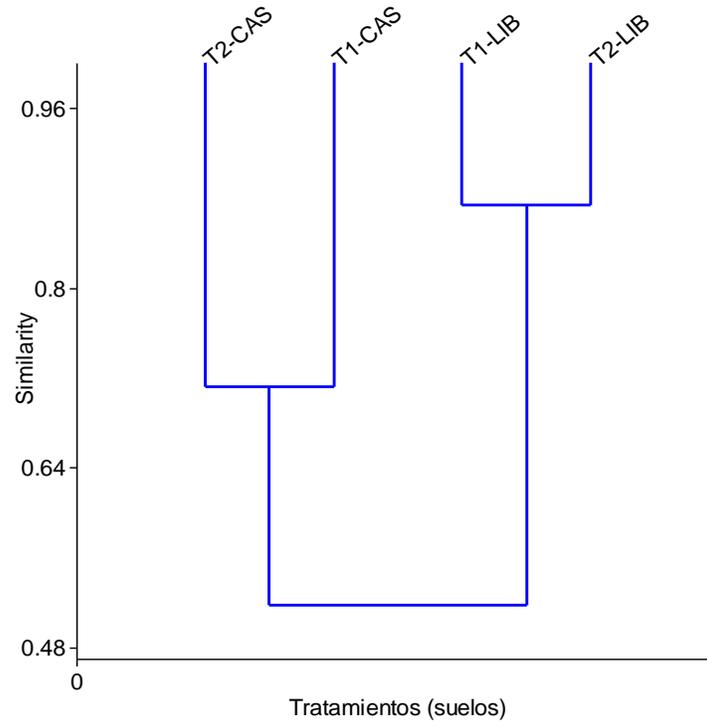
En cuanto a la diversidad según el índice de Simpson ( $\lambda$ ), el recíproco de equidad; los suelos del municipio de Líbano presentaron valores altos de dominancia ( $\lambda > 0.8$ ), lo que indica que los taxones presentes en estos suelos no se encuentran distribuidos uniformemente en relación a su abundancia, por lo que algunos de ellos son dominantes. Lo anterior se puede confirmar con el índice de equidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), debido a que sus valores oscilaron entre 0.36 y 0.42, para estos dos tipos de suelo en este municipio. De esta manera, los suelos del municipio de Casabianca, presentaron los valores más altos de diversidad (equidad), siendo más diverso el suelo sin quema (T1-CAS), seguido por el suelo quemado (T2-CAS).



**Figura 4.15** Diversidad y estructura

Fuente: Autor

La composición de taxones analizada a nivel regional a través de agrupamiento con datos de abundancia mediante coeficiente de similitud de Bray-Curtis, evidenció un nivel medianamente bajo de similitud entre tratamientos (suelos) (> 29%), siendo los suelos del municipio de Líbano T1-LIB y T2-LIB los más similares con el 87% de la riqueza y diversidad compartida. Los suelos del municipio de Casabianca se agruparon con un 71% de similitud; mientras que entre estos, la similitud estuvo dada por valores entre 29-52%, siendo menos parecidos T1-LIB y T2-CAS (Figura 4.16).



**Figura 4.16** Dendrograma de similitud según coeficiente de Bray-Curtis para los distintos tipos de suelo. Fuente: Autor

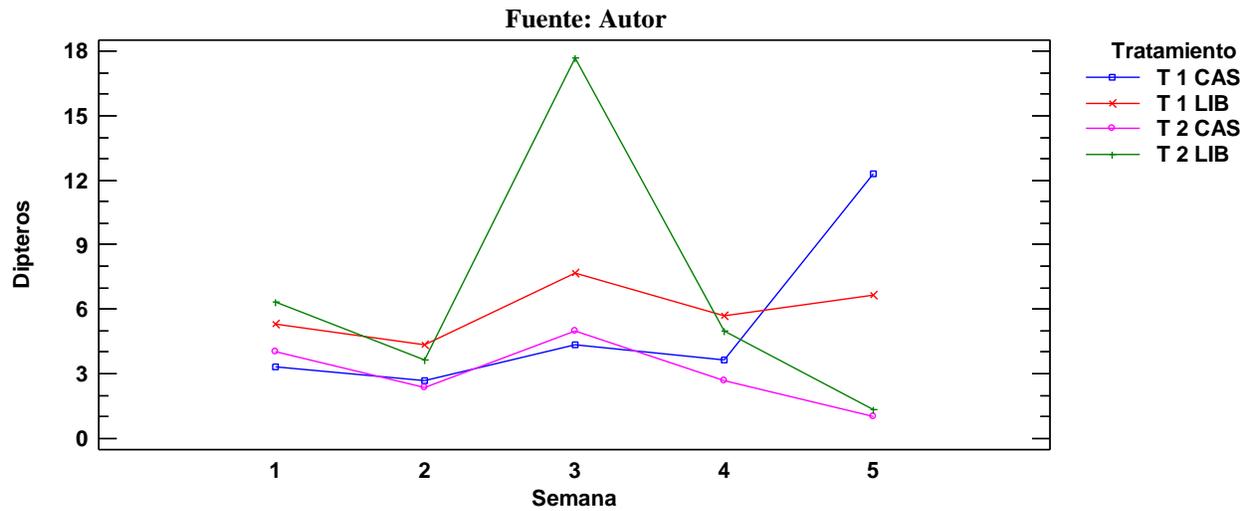
### 4.3. Abundancia De Cada Grupo Entre Tratamientos / Semanas

#### 4.3.1. Dípteros

No se encontraron diferencias estadísticas significativas para los valores de abundancia de dípteros entre tratamientos (suelos) ( $F=0.58$ ;  $p=0.632$ ;  $\alpha=0.05$ ), semanas ( $F=0.71$ ;  $p=0.591$ ;  $\alpha=0.05$ ) y su interacción tratamientos/semanas ( $F=0.63$ ;  $p=0.802$ ;  $\alpha=0.05$ ) (Tabla 4.14, Figura 4.17).

**Tabla 4.14.** Análisis de varianza ANOVA para la abundancia de Dípteros.

Fuente	Suma de cuadrados	d.f	Media	F	P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Semana	194.13	4	48.53	0.71	0.591
B:Tratamiento	119.06	3	39.68	0.58	0.632
INTERACCIONES					
AB	519.24	12	43.27	0.63	0.802
RESIDUALES	2672.0	39	68.51		
TOTAL (CORREGIDO)	3504.5	58			



**Figura 4.17.** Rangos múltiples LSD para la abundancia de dípteros en los tratamientos (suelos).

**Fuente: Autor**

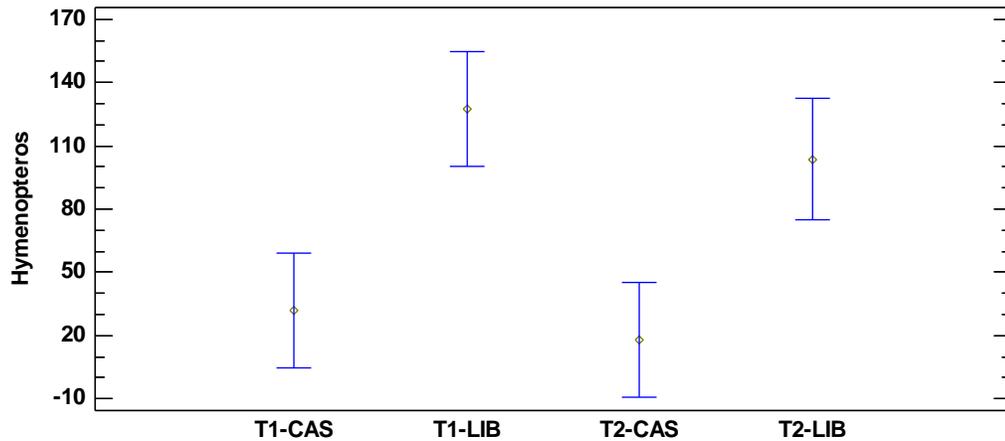
### 4.3.2. Hymenópteros

Sólo se encontraron diferencias estadísticas significativas para los valores de abundancia de himenópteros entre tratamientos (suelos) ( $F=7.86$ ;  $p=0.0003$ ;  $\alpha=0.05$ ) (Tabla 4.15, Figura 4.18).

**Tabla 4.15.** Análisis de varianza ANOVA para la abundancia de himenópteros.

Fuente	Suma de cuadrados	d.f	Media	F	p
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Semana	12677.2	4	3169.31	0.58	0.6759
B:Tratamiento	127954	3	42651.4	7.86	0.0003
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	65098.4	12	5424.86	1.00	0.4670
RESIDUALES	211586	39	5425.29		
TOTAL (CORREGIDO)	419337	58			

**Fuente: Autor**



**Figura 4.18.** Rangos múltiples LSD para la abundancia de himenópteros en los tratamientos (suelos).  
Fuente: Autor

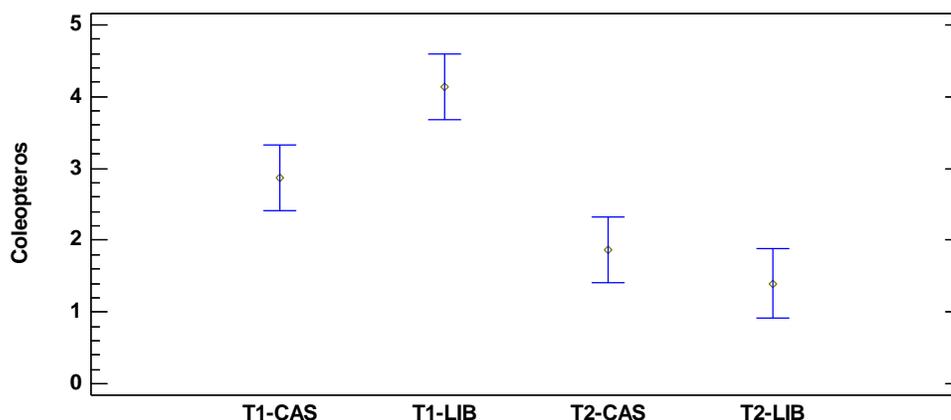
### 4.3.3. Coleópteros

Sólo se encontraron diferencias estadísticas significativas para los valores de abundancia de coleópteros entre tratamientos (suelos) ( $F=13.57$ ;  $p<0.0001$ ;  $\alpha=0.05$ ) (Tabla 4.16, Figura 4.19).

**Tabla 4.16.** Análisis de varianza ANOVA para la abundancia de coleópteros.

Fuente	Suma de cuadrados	d.f	Media	F	P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Semana	5.075	4	1.268	0.81	0.5283
B:Tratamiento	64.03	3	21.34	13.57	<0.0001
INTERACCIONES					
AB	11.9	12	0.991	0.63	0.8032
RESIDUALES	61.33	39	1.572		
TOTAL (CORREGIDO)	144.40	58			

Fuente: Autor



**Figura 4.19.** Rangos múltiples LSD para la abundancia de coleópteros en los tratamientos (suelos).  
Fuente: Autor.

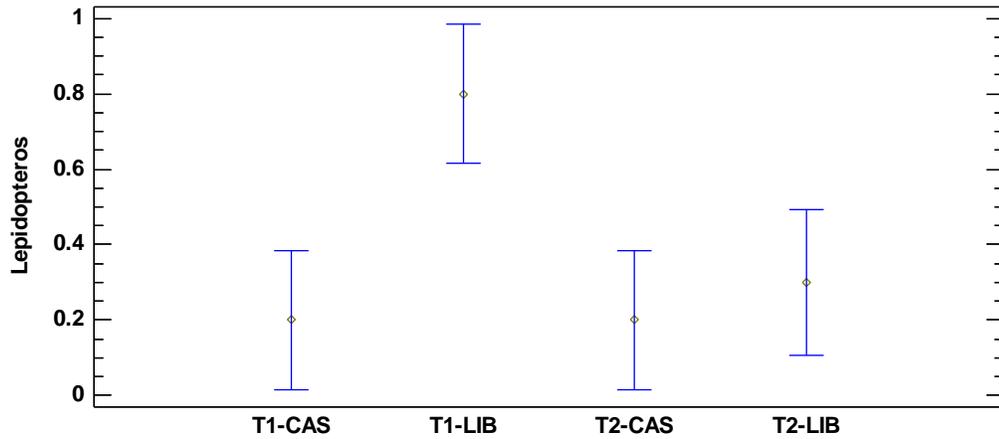
#### 4.3.4. Lepidópteros

Sólo se encontraron diferencias estadísticas significativas para los valores de abundancia de lepidópteros entre tratamientos (suelos) ( $F=4.90$ ;  $p=0.0055$ ;  $\alpha=0.05$ ) (Tabla 4.17, Figura 4.20).

**Tabla 4.17.** Análisis de varianza ANOVA para la abundancia de Lepidópteros.

Fuente	Suma de cuadrados	d.f	Media	F	p
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Semana	0.990	4	0.247	0.98	0.4285
B:Tratamiento	3.704	3	1.234	4.90	0.0055
INTERACCIONES					
AB	1.250	12	0.1042	0.41	0.9492
RESIDUALES	9.833	39	0.2521		
TOTAL (CORREGIDO)	15.79	58			

Fuente: Autor



**Figura 4.20.** Rangos múltiples LSD para la abundancia de lepidópteros en los tratamientos (suelos).

Fuente: Autor.

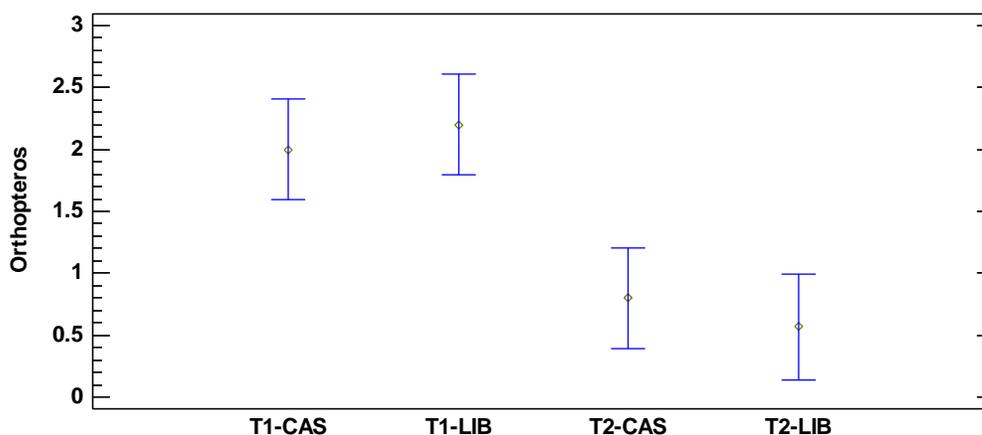
#### 4.3.5. Orthópteros

Sólo se encontraron diferencias estadísticas significativas para los valores de abundancia de orthopteros entre tratamientos (suelos) ( $F=8.23$ ;  $p=0.0002$ ;  $\alpha=0.05$ ) (Tabla 4.18, Figura 4.21).

**Tabla 4.18.** Análisis de varianza ANOVA para la abundancia de orthópteros.

Fuente	Suma de cuadrados	d.f	Media	F	P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Semana	5.893	4	1.473	1.22	0.3187
B:Tratamiento	29.86	3	9.954	8.23	0.0002
INTERACCIONES					
AB	16.76	12	1.396	1.15	0.3476
RESIDUALES	47.16	39	1.209		
TOTAL (CORREGIDO)	100.23	58			

Fuente los autores



**Figura 4.21.** Rangos múltiples LSD para la abundancia de orthópteros en los tratamientos (suelos).  
Fuente: Autor.

#### 4.3.6. Hemípteros

No se encontraron diferencias estadísticas significativas para los valores de abundancia de hemípteros entre tratamientos (suelos) ( $F=1.57$ ;  $p=0.212$ ;  $\alpha=0.05$ ), semanas ( $F=1.10$ ;  $p=0.370$ ;  $\alpha=0.05$ ) y su interacción tratamientos/semanas ( $F=0.35$ ;  $p=0.971$ ;  $\alpha=0.05$ ) (Tabla 4.19, Figura 4.22).

**Tabla 4.19** Análisis de varianza ANOVA para la abundancia de hemípteros.

Fuente	Suma de cuadrados	d.f	Media	F	p
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Semana	7.878	4	1.969	1.10	0.3702
B:Tratamiento	8.417	3	2.805	1.57	0.2128
INTERACCIONES					
AB	7.605	12	0.633	0.35	0.9719
RESIDUALES	69.83	39	1.790		
TOTAL (CORREGIDO)	93.79	58			

Fuente: Autor

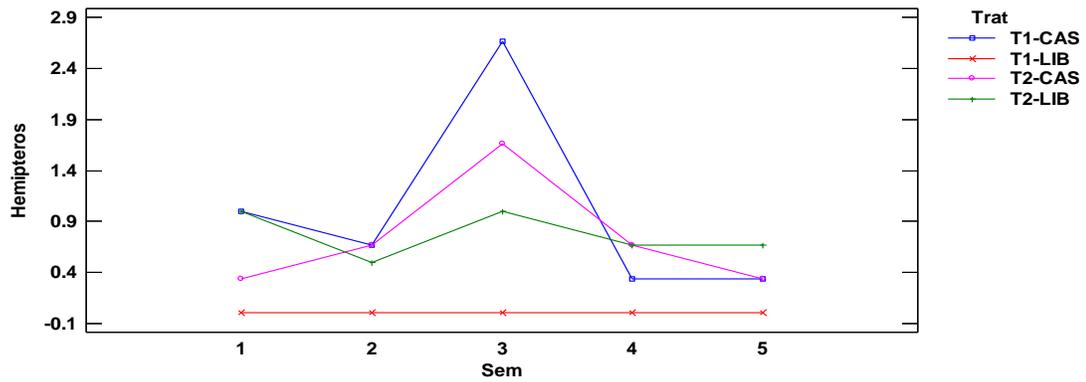


Figura 4.22. Rangos múltiples LSD para la abundancia de hemípteros en los tratamientos (suelos).  
Fuente: Autor.

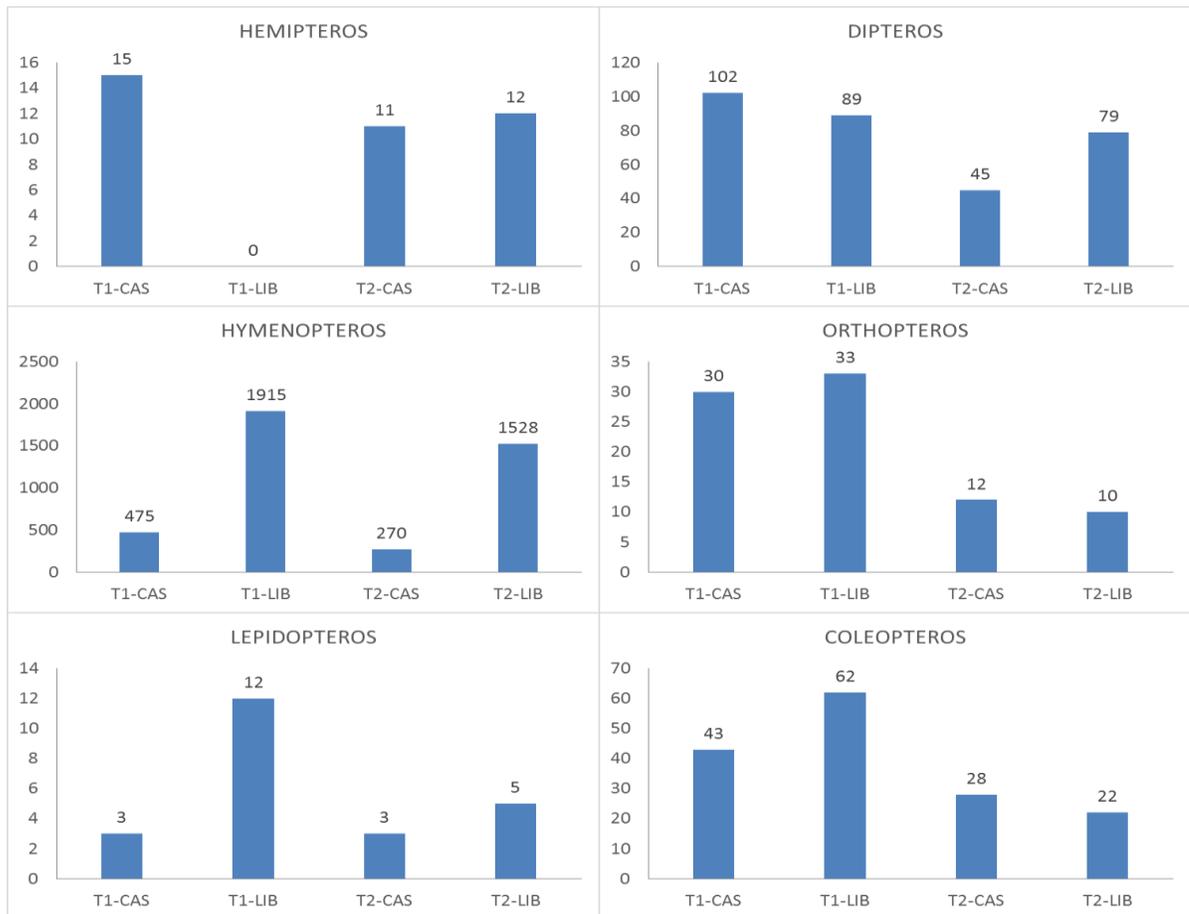


Figura 4.23. Abundancia (número de organismos) para cada grupo taxonómico encontrado en los tipos de suelo (tratamientos Fuente: Autor.

#### 4.4. Análisis De Correspondencia (AC)

La diferenciación en cuanto a la composición de taxones entre los suelos analizados se hace aún más clara según el análisis de correspondencia simple (AC), en el cual el primer eje (axis 1) explica el 91.35% de los datos (Figura 4.24); en este, se evidencia -bajo una ordenación espacial en un plano bidimensional- la formación de cuatro grupos definidos y agrupados de la siguiente manera: los suelos T1-LIB y T2-LIB con los himenópteros (círculo negro), suelos T1-CAS y T2-CAS con los taxones orthópteros, coleópteros y dípteros (círculo rojo), lepidópteros (círculo azul) y hemípteros (círculo verde).

En otras palabras, es más común encontrar himenópteros en suelos del municipio del Líbano estén o no expuestos a la quema; encontrar dípteros, coleópteros y orthópteros en los suelos de Casabianca estén o no expuestos a la quema, encontrar lepidópteros en ambos tipos de suelo en los dos municipios y no tan común encontrar hemípteros en algún tipo de suelo de alguno de los dos municipios.

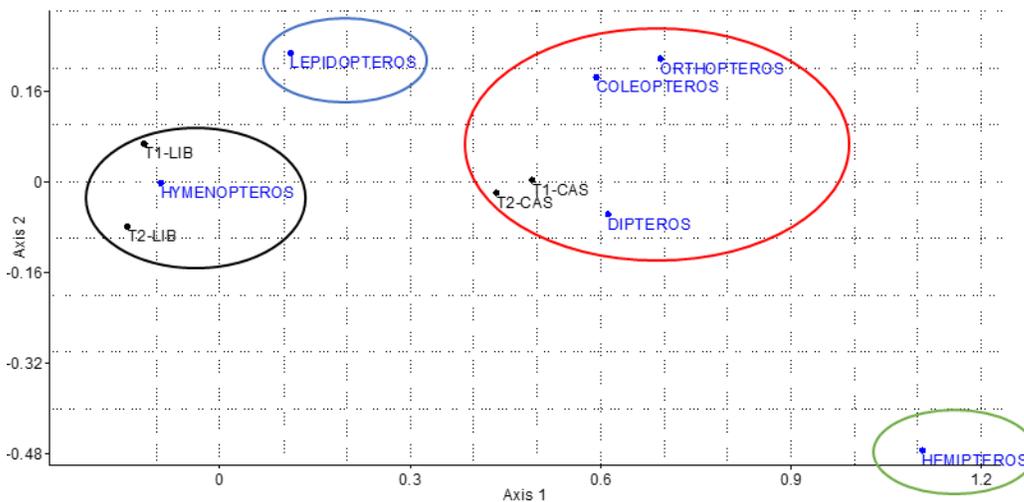


Figura 4.24. Análisis de correspondencia (AC) para los taxones registrados en los diferentes tipos de suelo. Fuente: Autor.

## 5. DISCUSION

Los resultados obtenidos bajo el estudio permiten sostener una argumentación elocuente dado la manera en que se presentaron los análisis de resultados. Lógicamente todo en pro de realizar un aporte significativo a todo tipo de público y en especial a todas aquellas personas que desarrollan sus vidas en torno a fincas de tradición cafeteras de índole campesina, ya que el estudio abordó la temática en busca de ahondar y aclarar el comportamiento del fenómeno el fuego y sus efectos en algunas propiedades preestablecidas para unos suelo andisoles del norte del departamento del Tolima de uso agrícola.

Teniendo en cuenta el alcance del estudio y la forma en que se desarrolló podemos establecer 3 temáticas de discusión como lo son:

Propiedades físicas: Densidad Aparente, Infiltración y % Humedad.

Propiedades químicas: Potencial de Hidrogeno, Carbono Orgánico y Nitrógeno Total.

Propiedades Biológicas: Tasa de respiración y Macro fauna.

En lo referente a las propiedades físicas, se analiza los cambios en la densidad aparente del suelo. Es importante tener en cuenta que la densidad aparente es la densidad del suelo seco en su conjunto, fase sólida + fase gaseosa. La densidad aparente oscila entre  $1 \text{ g cm}^3$  en suelos bien estructurados y  $1.8 \text{ g cm}^3$  en suelos compactados. Pero también se puede agregar que ciertos suelos cuya material formador son cenizas de origen volcánicas como lo es el caso de los 2 suelos en estudio, se pueden presentar densidades inferiores tal y como se presentó. Ya que la fracción mineral presenta una masa muy ligera y parte de sus componentes minerales corresponde a arcillas tipo 1:1 alófanas.

Los comportamientos de las parcelas testigos sin presencia de quemas presentaron este comportamiento; en  $0,85 \text{ g cm}^3$  para el caso de Casabianca y  $0,83 \text{ g cm}^3$  caso Líbano, como densidades iniciales y al cabo de la 5 semana registraron  $0,86 \text{ g cm}^3$  localidad Casabianca y  $0,89 \text{ g cm}^3$  localidad Líbano. Respecto a esta información y a pesar de no haber una diferencia estadística significativa las 2 presentaron densidades bajas lo cual indica claramente el buen estado de esta propiedad y lógicamente las variaciones presentadas durante las semanas de estudio obedecen a variables externas que no se le dio un manejo, como lo es el climas; precipitación y temperatura.

Ahora bien las parcelas las cuales se sometieron al tratamiento quema de igual manera no arrojaron diferencia significativa pero presentaron aumento dentro de las 5 semanas de estudio. Las 2 localidades presentaron un ligero aumento en las densidades durante las 4 primeras semanas y una caída para la quinta semana, estas variaciones dan indicios que esta variable de estudio requiere de mayor seguimiento. Ya que el comportamiento se presentó muy similar para las parcelas expuesta a la quema.

Ahora bien y como lo expone Deban 98 en Fires's effects on ecosystems. John wiley and sons. New York, NY. (1998). [136]. La densidad aparente se relaciona por lo tanto con la porosidad del suelo. Un aumento en el valor de la densidad aparente se debe a la disminución del espacio poroso. De manera indirecta, un incremento en la densidad aparente puede ocasionar una mayor conductividad térmica y una menor facilidad de penetración de la raíces en el suelo. La densidad aparente del suelo puede disminuir por diversas causas:

- a) Por reducción del contenido de materia orgánica del suelo.
- b) Por la degradación de la estructura.
- c) Por aplicación de una fuerza que reduzca el espacio poroso.

Es de notar que las parcelas en las cuales se desarrolló el estudio corresponden a predios que presentan contenidos de materia orgánica altos por el mismo origen de formación que presentan, lógicamente la combustión de los materiales vegetales que suelo soportaba afecta directamente el contenido de materia orgánica como algunos cambios estructurales pero superficiales del suelo, porque al ser sometido al fuego disminuyo el contenido de materia orgánica, a su vez este material en respuesta al fuego se degrado en ceniza que y no afecto la estructura del suelo por obstruir parte de la porosidad y consecuentemente de la densidad aparente, También no se puede descartar el paso de ganado que afectan considerablemente la estructura del suelo.

Ahora Como afirman Durin y vogelsang, (1984). [137] como resultado del colapso de los agregados órgano-minerales y la obstrucción de los poros del suelo por la ceniza o los minerales de arcilla liberados, la acción del fuego contribuye a un aumento de la densidad aparente. Pero bajo este estudio no se analizó desde un comienzo el material de combustión, el cual desconocemos su potencial como material carburante. Además de no ser tema de este estudio, por lo cual es necesario bajo otro tipo de investigación establecer un material el cual tenga definido su potencial carburante establecer temperaturas probables que actúan durante un incendio y establecer el grado de destrucción de la estructura del suelo, si es afectada, por tanto. Bajo este escenario se supone que se hace necesario determinar esta variable y de esta manera reevaluar la porosidad total y la distribución de tamaño de poros en los horizontes superficiales.

Cuando la densidad aparente del suelo aumenta, se incrementa la compactación y se afectan las condiciones de retención de humedad, limitando a su vez el crecimiento de raíces. La densidad es afectada por las partículas sólidas y por el espacio poroso. En general, los valores tendieron a aumentar con la profundidad del suelo debido a la

reducción de la actividad biológica desarrollada en el horizonte A. Salamanca, Sadeghian (2005). [138].

De manera concisa bajo los resultados obtenidos, se considerando que la variable densidad aparente para este estudio no arrojo resultados de diferencias significativas para los tratamientos, semanas ni interacciones. pero a pesar de esto muestra cambios que a la postre determinan intervención muy baja para este tipo de práctica quema física, se considera también que el contenido alto de materia orgánica determina una estabilidad estructural para estos suelos, como también, por otra parte en la investigación se razona que estas fluctuaciones son respuesta al exponer el suelo a un gradiente de temperatura (fuego) en lo que se refiere la quema controlada que no se logró proporcionar la misma intensidad para cada uno de los suelos en estudio. Caso específico de la densidad aparente.

También se ha tenido en cuenta los cambios en el porcentaje (%) de la humedad del suelo, determinando la manera en que se presentaron los datos respecto a la quema física como práctica agrícola en la propiedad humedad del suelo. Claramente se logran identificar cambios en lo referente al contenido de agua por parte del suelo ante una situación provocada como lo es el fuego. Se evidenció inicialmente como la cobertura vegetal y parte de la materia orgánica se incinero quedando expuesto el horizonte superficial a la intensidad lumínica de los rayos solares, a las corrientes permanentes de aire, vientos. Generando cambios sustanciales en los microclimas de cada una de estas unidades experimentales, en los casos que se dispuso para ratificar o rechazara lo establecido por otros autores.

Como lo describe claramente el autor del citado por Harris (1989). [139]. citado también por Manejo del suelo en los ecosistemas agrícolas de producción ecológica. El contenido de materia orgánica influye en distintos aspectos sobre el balance de agua en el suelo. Primero porque los parámetros que afectan el movimiento y la retención del agua en el suelo son de carácter físico –textura, estructura y porosidad- y están relacionados con el contenido y el estado de la materia orgánica y por otra parte porque la gran hidrofilia de los coloides húmicos, hacen aumentar la capacidad del suelo para retener agua.

Ahora se sabe que hay diferencia significativa en cuanto a las semanas de estudio evidenciando repercusiones del fuego sobre el suelo como el cambio del porcentaje de humedad posterior a la exposición del suelo al fuego, para la localidad del Líbano T1 LIB con un porcentaje inicial de 51% de humedad para la primera semana, y registrando una reducción de un 12% para la segunda semana como punto más bajo y recuperando su humedad de manera gradual hasta un 48 % para la última semana, Pero siempre oscilando dentro del promedio 47.8 % de contenido de agua.

Caso T2 LIB también evidencio diferencias significativas en los tratamientos del comportamiento del fuego en lo referente al contenido humedad para el tratamiento quema de suelo del Líbano registro fluctuaciones a lo largo de las 5 semanas de estudio,

comparada con el testigo se presentó una reducción súbita para la primer semana posterior a la quema de 46 por ciento siendo esta 23.47 % de humedad, en la semana siguiente semana 2 se mantuvo la humedad por el mismo orden 23.94 % registrando un aumento insignificante. En la semana 3 el aumento porcentual fue de 16% registrando aumento de 4 puntos para totalizar 27.97 %. En cuanto la semana 4 y 5 se superó la media que se registró a lo largo de las semanas de estudio 35 por ciento de humedad del suelo como lo fue 49 % y 51 % aumentos realmente significativos por lo que el aumento con respecto a la humedad inicial fue de 46 %. Tal y como se aprecia en la tabla 4.3. Análisis de varianza encontró diferencias estadísticas significativas de esta variable entre tratamientos (tipo de suelo) ( $F=29.86$ ;  $p<0.0001$ ;  $\alpha=0.05$ ), semanas evaluadas ( $F=9.14$ ;  $p<0.0001$ ;  $\alpha=0.05$ ) y la interacción de los tratamientos en las distintas semanas ( $F=3.86$ ;  $p=0.0006$ ;  $\alpha=0.05$ ) Por tanto para la 5 semana después de realizar quemas podemos establecer una recuperación de la humedad del suelo siempre y cuando permanezca sin ningún tipo de actividad de índole agropecuaria porque podría alterar su recuperación, así como lo evidencian los registros hasta la 5 semana. Concluyendo que se presenta interacción entre semanas y tratamientos.

Si la energía calórica liberada es suficiente, la temperatura del suelo puede elevarse rápidamente hasta más de 95 grados centígrados, momento en el que el ascenso térmico se detiene hasta que el agua se vaporiza por completo. Campbell, G.S.; Jungbauer, J.d., Jr.; Hungerford, R.D. (1994). [140]. La combinación de la transferencia de calor y los procesos de combustión producen gradientes de temperatura en el suelo. El mayor aumento de temperatura se produce en la superficie del suelo. De modo que a una profundidad de 5 cm, las temperaturas en el suelo mineral rara vez superan los 150 grados centígrados y, a una profundidad de 5 a 10 cm apenas se observa variación DeBano, L.F., Neary, D.G., Ffolliott, P.F. (2005). [141].

Por tanto el balance de agua del suelo puede ser como un reservorio que acopia agua y que al mismo tiempo la pierde hacia capas superiores o más profundas. Cuando el suelo posee una cubierta vegetal, este le sirve de apoyo para no presentar pérdidas a la atmósfera, generando microclima y satisfacer la demanda hídrica de las plantas. Así lo sustentan otros autores que dicen; A medida que las condiciones de los suelos originales han sido cambiadas en la implementación de actividades agropecuarias, sus características físicas se han visto afectadas notablemente, especialmente las relacionadas con los procesos de captura retención y almacenamiento de agua Martha Constanza Daza Torres<sup>1</sup>; Fanny Hernández Florez<sup>2</sup> y Flor Alba Triana<sup>3</sup> (2006 [142])

En el caso de cultivos el suelo es arado antes de la siembra y en el caso de ganadería la quema es una práctica común. La desaparición de la vegetación protectora causa una exposición del suelo al aire y aumenta la evaporación en su superficie lo que tiene un efecto altamente significativo porque los suelos volcánicos poco desarrollados, que se encuentran en la mayoría de los páramos, se secan irreversiblemente y no recuperan su morfología original cuando se vuelven a mojar. Con prácticas agrícolas repetitivas, sin

largos periodos de descanso, este ciclo de sequía y disminución de materia orgánica puede ser tan grave que el resultado es un suelo seco, arenoso y sin partes orgánicas Hofstede, (1997). [143].

Para la infiltración básica en el suelo, se determinó que la infiltración del suelo es una propiedad física que permite inferir la relación con otras características igualmente importantes del suelo, como lo es la densidad aparente, la compactación, el drenaje, el color, procesos de lixiviación, grado de estructura como también correlación con otras características de tipo químicas y biológicas que se ven influenciadas por la infiltración de un perfil de suelo y a la postre determinan procesos edáficos que tienen lugar.

Por tanto y como se registró el comportamiento de la infiltración se deduce que la capacidad de retención de agua como la infiltración, dependen de los macroporos, como también lo es cobertura vegetal, contenido de materia orgánica y una buena actividad biológica que como siempre son determinantes en el comportamiento del agua en el perfil del suelo.

Para las dos localidades este parámetro reportó cambios bajo el efecto del fuego siendo significativo los resultados, tal y como se describió en la tabla 4,5. Análisis de varianza evidenció diferencias estadísticas significativas de esta variable entre tratamientos (tipo de suelo) ( $F=48.84$ ;  $p<0.0001$ ;  $\alpha=0.05$ ), semanas evaluadas ( $F=10.35$ ;  $p<0.0001$ ;  $\alpha=0.05$ ) y la interacción de los tratamientos en las distintas semanas ( $F=2.67$ ;  $p=0.0099$ ;  $\alpha=0.05$ ) para sus tratamientos como semanas, caso Líbano en el testigo T1 LIB, presentó infiltración básica de 2,17 cm/h para la primera semana y 2,77 cm/h para la segunda, 2,23 cm/h para la tercera y 2,43 cm/h para la cuarta y quinta semana 2,40cm/h. todo el comportamiento de infiltración básica se mantuvo cerca a la infiltración media de **2,40 cm/h** para este tratamiento. Se considera que la no perturbación del micro ecosistema determinó que las variaciones fueran menores. Este mismo comportamiento de manera muy similar lo registró la localidad Casabianca en las parcelas testigo T1 CAS, ya que una vez perturbado el suelo con la quema los registros mostraron como hasta la 4 y 5 semana se registraron infiltraciones superiores a la media para localidad Casabianca de 1,84cm/h.

Según Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 67(1): 7189-7200. (2014). [144]. Los suelos dedicados a usos diferentes al nativo mostraron reducción en su capacidad de almacenamiento de agua. En el horizonte A, la cantidad de humedad del suelo en estado de saturación, es decir, cuando los macroporos y microporos están llenos de agua, disminuyó (comparados con suelos con vegetación nativa) en un 37,0 26,8 y 19,2% (desviación estándar = 21,24 y CV = 26,26) para usos de suelo correspondientes a agricultura intensiva con papa, ganadería y lote en descanso, respectivamente.

Estas reducciones podrían verse reflejadas en la disminución del drenaje interno, en la menor alimentación de aguas subterráneas y en los nacimientos de los ríos. Al disminuir la

cantidad de agua infiltrada en el perfil del suelo, se favorecen los problemas de erosión que ya son evidentes en la zona de estudio, al aumentar el agua de escorrentía.

Algo particular se evidencio en la misma localidad pero esta vez bajo el efecto del fuego, la Infiltración básicas registradas en la primer, segunda y tercer semana fueron bajas e inferior a la media, su lectura fue de 1,60 cm/h media para el cabo de las cinco semanas. Y fue tal solo en la semana cuarta y quinta que la infiltración básica aumento en un 10 %, reportando lecturas de 1,63cm/h posterior a esta semana. La última semana de estudio se evidencio una recuperación de 2,27 cm/h siendo este un valor alto si lo comparamos con las demás semanas.

Otros autores sostienen que la capacidad de infiltración disminuye rápidamente. Conociendo la textura se pueden conocer muchas de las propiedades hídricas de los suelos. Se puede generalizar afirmando que: 1) cuanto mayor es el tamaño de las partículas más rápida es la infiltración y menor es el agua retenida por los suelos (los suelos arenosos son más permeables y retienen menos agua que los arcillosos; 2) los suelos con buena estructura tienen mayor velocidad de infiltración que los compactados; 3) el mayor contenido en materia orgánica aumenta el agua retenida por el suelo y 4) como es lógico, a mayor espesor del suelo mayor capacidad de retener agua. Ibañez (2006). [145].

Otra razón es la necesidad de escape de aire Tan rápido como el agua entra en el suelo. Esto reduce El espacio de poros disponible para el agua Suelo Después de la lluvia, la restauración de la capacidad de infiltración Comienza. Viento y diferencial Temperaturas cercanas a la superficie del suelo Reabrir los poros del suelo, la contracción de los coloides Perforaciones de lombrices de tierra y Los insectos son restaurados, y la capacidad de infiltración Regresa a su valor máximo usualmente dentro de un Menos de un día para los suelos arenosos, aunque Pueden requerirse varios días para arcillas y Suelos texturados. HYDROLOGICAL PROCESSES SCIENTIFIC BRIEFING Hydrol. Process. 18, 3447–3460 (2004). [146].

Para otros estudios se estableció que el contenido de arena aumento sensiblemente inmediatamente después del fuego, de 63,7 + 4,8 mayo. A 65,3 + 4,1 junio. Y 66,2 +4,6 julio. Disminuyendo progresivamente hasta el final del experimento. El contenido de arcilla de las parcela F12 mostro un comportamiento irregular, pero disminuyo levemente durante el experimento. La textura del suelo de la parcela F13 no varió perceptiblemente durante los primeros meses del experimento, pero llego a ser más gruesa al final del estudio. En promedio el contenido de arena aumento de 68,6 + 5,3 hasta 71,3 + 4,9 % y el contenido de arcilla disminuyo y el contenido de arcillas disminuyó de 13,2 + 3,3 a 10,8+4,5%

Estas pequeñas variaciones en la textura del suelo están en desacuerdo con los resultados observados por otros investigadores. Después de experimentar en el laboratorio, Terefe (2008). [147] encontraron que la fracción de arena aumenta considerablemente después de

la exposición a 300 y a 500 °C durante una hora, aunque las temperaturas entre 25 y 200 °C no condujeron ningún cambio.

Sertsu y Sanchez (1978) [148]. También encontraron cambios de textura importantes tras la exposición del suelo a temperaturas del orden 200 °C sugiriendo el colapso de los minerales de la arcilla en las capas del silicato y la fusión de las partículas de la arcilla en partículas del tamaño de arena.

No se puede dejar de lado que otros autores concluyen sobre los cambios físicos de los suelos son producto de someter los sustratos a diferentes intensidades y severidades de fuego en lo cual manifiestan cambios en la textura mínimos, pero significativos. Bajo presente estudio se asocia la infiltración básica como resultado de la textura o cambios de ella bajo un gradiente no específico de temperatura denominada quema controlada. Y no se presentó cambios a favor de una mayor infiltración básica inmediatamente después de la quemas por el contrario presento disminución lo que hace suponer que en el momento de las quemas tal como lo indica. Doer et al 2000; pagina 26 Horne y McIntosh (2000). [149].

El suelo contiene sustancias hidrofóbicas, como los hidrocarburos alifáticos, lixiviado de los horizontes orgánicos. Y según Scott (2000) pagina 26, [150] las concentraciones de estas sustancias dependen del tipo de vegetación y las características del suelo. Son las causaron disminución de infiltración como la reorganización de la arcillas alofanas comunes en los suelos andisoles.

Por último cabe señalar que la tasa de infiltración puede sufrir variaciones estacionales como consecuencia de cambios en la composición externa como interna; la pendiente, textura, la cobertura vegetal, residuos vegetales en la superficie, contenido de materia orgánica, contenido de humedad, la densidad aparente. Como lo consignan otros autores, bajo los parámetros de este estudio a consecuencia de la quema física como práctica agrícola se deja en evidencia que esta conducta del agua a través del perfil mostro una variación en tratamiento, semanas e interacciones que la relaciona íntimamente a crecimiento de la vegetación en la superficie más expuesta y de no alterar la cobertura vegetal se presentarían comportamientos mucho más estables.

En cuanto al PH medio, aumentó significativamente con la intensidad del fuego tal y como se muestra en la tabla 4.6. El valor del pH medio para los testigos fue de 4,63 T1 LIB y 4,17 T1 CAS. Se observaron fluctuaciones de 0,6 centésimas bajo la media y 0,1 sobre la media. Presentando comportamiento estable frente a la exposición de la quema del material vegetal del suelo en la localidad del Líbano. Por otro lado los valores semanales de pH para la localidad de Casabianca T1 CAS mostraron el mismo comportamiento. pH ligeramente inferiores o iguales, durante 4 semanas; siendo estas semana 1, 2, 4 y 5. Por tan solo 0,07 centésimas. Y la semana 3 presento un pH de 4,3 sin que fuera desproporcional su registro. La acidez reportada y sus cambios aun siendo un mismo

tratamiento se presenta esta pequeña variabilidad como el resultado de la heterogeneidad espacial entre puntos de muestreo.

Arocena y opio citados (2003). [151], encontraron que los cambios en el pH pueden permanecer por 2 ó 3 años y que el aumento puede ser 2 ó 3 unidades de pH, lo que atribuye a la lixiviación de las cenizas y la capacidad amortiguadora de los suelos. Periodos más cortos han sido observados por Ubeda (2005). [152]. El aumento del pH es generalmente temporal y depende del pH antes del fuego, cantidad de ceniza producida, la composición química producida y la humedad. Well (1979). [153].

EL comportamiento del pH en los tratamientos fuego T2 LIB y T2 CAS presentaron similitud bajo el comportamiento del fuego, presentaron aumentos significativos versus los testigos parcelas sin tratamiento quema, como también en cada una de las semanas como se consigna en la tabla 4.6. En donde las 3 primeras semanas registraron aumento en más de una unidad para la localidad Líbano y en 0,5 en localidad de Casabianca. Según lo anterior el cambio sustancial del pH obedece a las deposiciones de ceniza en la superficie del suelo, como también a las elevadas temperaturas que el horizonte A se expuso produciendo cambios en la constante de disociación.

Los cambios observados en el pH de las parcelas quemadas parecen estar causados principalmente por la presencia efímera de cenizas, y el tiempo de recuperación ha sido relativamente corto, entre 3 y 6 meses. Este hecho está de acuerdo con la rápida retirada de las cenizas por el viento o la lluvia, como ha sido puesto de relieve por Mataix-solera (1999). [154]. El aumento también del pH de las parcelas FI2 y FI3 se puede ver favorecido por la oxidación completa de la materia orgánica del suelo.

En vista que las diferencias significativas solo se presentó en los tratamientos y no en entre semanas ni su interacción tal y como se describió en la tabla 4,7. Se considera que los cambios presentados en temperatura redundan en cambios en las concentraciones relativas de los iones hidronio e hidroxilo, para el primer muestreo y además como lo citan otros autores la presencia de cenizas, la reducción de la actividad microbiana y la oxidación completa de la materia orgánica.

Analizando los cambios en el contenido de carbono orgánico en el suelo, Díaz et al. (2004). [155] encontraron que las variables de humedad volumétrica saturada a capacidad de campo, punto de marchitez permanente, porcentaje de carbono orgánico y densidad aparente expresan el 61,2% de la variabilidad de los suelos, lo cual quiere decir que la mayor influencia dada por el cambio de uso en el suelo se manifestó principalmente sobre dichas variables físicas.

Para los parámetros de estudio de esta investigación se acerca mucho a lo establecido anteriormente. Ya que las densidades presentaron variabilidad aunque no para el efecto del fuego. De la misma manera los contenidos de Humedad variaron notablemente y en lo

concerniente a el contenido de carbono orgánico del suelo COS vario respecto a los tratamiento en las dos localidades; presento el siguiente comportamiento; para T1 LIB primer semana el registro más bajo con 2,57 CO seguido por 2,98 CO para la quinta semana. Y respecto a la semana 2, 3 y 4 un ascenso en centésimas de la siguiente manera 3,44 CO. Semana 2, 3,90 CO semana 3 y como valor más alto registrado para este tratamiento en la semana 4 presento 4,34 CO.

Por tanto el contenido de carbono orgánico del suelo COS aunque se comportó diferente respecto a las parcelas control para la localidad Casabianca en la primera semana siendo este el valor más alto registrado en la parcela control con 6,20 CO. Muy superior a la media que registro 3,16 CO este misma parcela. Y que para las siguientes semanas se comportó muy regular siendo estos sus registros; semana 2 presento 2,59 CO. Semana 3 1,35 CO. Semana 4 presento 2,31 CO. Semana 5 registro 3,35 CO. Registros muy cercanos a la media de la parcela control para esta localidad. Podemos afirmar que en la semana 1 para T1 CAS el suelo presentaba algún manejo de manera ecológico antes de realizar el experimento y por eso se acumuló mayor cantidad de materia orgánica en el suelo y de esta manera atraen el dióxido de carbono de la atmósfera del cual se tomó una muestra para el estudio.

También Haciendo mención a los valores medios de carbono orgánico, se puede destacar que la mayor parte de los afloramientos presentan porcentajes de carbono orgánico moderadamente altos, superando el valor de 2 % en materia orgánica, esto es debido a que, a pesar del clima árido o semiárido de la mayor parte de las zonas de estudio donde se favorece la mineralización, la colonización vegetal, y más concretamente sus restos, generan un contenido de carbono orgánico importante. De esto se deduce que, en los suelos estudiados, el equilibrio entre los procesos de mineralización y humificación de la materia orgánica debe ser tal que se favorece la acumulación de la misma en el suelo. Citado por Contenido en carbono orgánico como indicador del proceso de desertificación en suelos desarrollados de material parental volcánico en la Región de Murcia S. Martínez-Martínez, A. Faz Cano, J.A. Acosta Avilés Grupo de investigación: Gestión, Aprovechamiento y Recuperación de suelos y aguas. Departamento de Ciencia y Tecnología Agraria. Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XII, 52, 30203 Cartagena, Murcia (España). [156]

No obstante, no se observaron diferencias significativas en el contenido de COS de los suelos control sin quemar a lo largo de las semanas de estudio, ni en los tratamientos. El contenido COS mostro un comportamiento regular y tomo valores entre semana 1 en 2,57 CO frente a la semana 4 de 4,34 CO. Probablemente a la homogeneidad espacial. Ni se observó un evidente aumento en el contenido de COS de los suelos quemados. Como se consignó para la localidad del Líbano T2 LIB en las semanas 2, 3, 4 y 5. De la siguiente manera 5,26 CO semana 2, 4,15 CO semana 3, 4,18 semana 4 y por la última semana 5,56 CO. Tal como se sintetiza en el analisis de varianza Según (ANOVA), no hay diferencias estadísticas significativas para los valores de esta variable entre tratamientos ( $F=1.30$ ;

$p=0.2862$ ;  $\alpha=0.05$ ) y entre semanas ( $F=0.72$ ;  $p=0.5810$ ;  $\alpha=0.05$ ), pero la interacción tratamientos entre semanas si evidenció diferencias estadísticas ( $F=2.12$ ;  $p=0.037$ ;  $\alpha=0.05$ ) (Tabla 4.9, Figura 4.10).

Según Mataix-solera (1999). [157] se observaron diferencias significativas en el contenido de COS de los suelos sin quemar a lo largo de los meses. En este caso, el contenido de COS mostro un comportamiento irregular y tomo valores entre  $5.3 + 0.8\%$  julio y  $7.5 + 1.1\%$  agosto, probablemente debido a la variabilidad espacial

En cambio, una clara tendencia descendente progresiva fue observada en el contenido de COS de los suelos quemados. Después de los tratamientos FI1, FI2 y FI3, el contenido más alto de COS fue observado inmediatamente después del incendio. Pero disminuyó progresivamente hasta  $4.0 + 1.2\%$ , después de un periodo lluvioso. *Departamento de cristalografía, minerología y química agrícola. Tesis doctoral .Efectos a corto y largo plazo del fuego sobre algunas propiedades del suelo. Incendios naturales e incendios experimentales bajo condiciones de campo y laboratorio. Arturo j. Pascual Granged. Universidad de Sevilla. [158]*

Durante las 5 semanas del estudio el COS en las parcelas expuestas al fuego presentaron una estabilización como las parcelas testigos, estableciendo que 5 semanas no son suficientes para que el suelo establezca su contenido inicial de COS. Y que durante la cada una de las semanas de estudio se registraron lluvias en la zona lo cual incide porque se presentó seguramente erosión en las parcelas expuestas directamente al agua. Por ende se dio perdida de sedimentos ricos en materia orgánica. Asimismo cabe mencionar que la única diferencia significativa que presento el estudio hace referencia a la interacción semanas X tratamiento. Tal y como se evidencia; Según el análisis de varianza (ANOVA), no hay diferencias estadísticas significativas para los valores de esta variable entre tratamientos ( $F=1.30$ ;  $p=0.2862$ ;  $\alpha=0.05$ ) y entre semanas ( $F=0.72$ ;  $p=0.5810$ ;  $\alpha=0.05$ ), pero la interacción tratamientos entre semanas si evidenció diferencias estadísticas ( $F=2.12$ ;  $p=0.037$ ;  $\alpha=0.05$ ) (Tabla 4.9, Figura 4.10).

Identificando los cambios en el contenido de Nitrogeno total en el suelo se encuentra Según los resultados suministrados por el análisis de varianza (ANOVA), se encontraron diferencias estadísticas significativas para los valores de esta variable entre tratamientos ( $F=12.15$ ;  $p<0.0001$ ;  $\alpha=0.05$ ), semanas ( $F=2.86$ ;  $p=0.0358$ ;  $\alpha=0.05$ ) y su interacción tratamientos/semanas ( $F=2.86$ ;  $p=0.0063$ ;  $\alpha=0.05$ ) (Tabla 4.11, Figura 4.12).

Esto indica que la combustión de la materia orgánica del horizonte A del suelo en estudio se vio afectado de manera considerable partiendo que al someter el horizonte orgánico a altas temperaturas está presenta mayor grado de descomposición alterando consigo las formas de nitrógeno orgánico no hidrolizables y por lo tanto menos mineralizable a través de las 5 semanas de estudio. Todo esto como resultado de la energía calórica que se libera

y que se presentó en el área de estudio durante la quema del suelo ejerciendo un efecto similar al de la degradación biológica de la materia orgánica, lecho donde reposan microorganismos especializados en los procesos de transformación del nitrógeno atmosférico.

Algunos estudios revelan cambios de esta variable de estudio cuando el suelo es sometido a fuego de tipo natural o antrópico ; los contenidos iniciales de Nt y de CO y la relación CO/Nt en ambos suelos, esta relación presentó valores dentro del rango promedio para suelos de la Región Semiárida Pampeana (Álvarez & Steinbach, 2006). [159]. Bajo la misma variable de estudio. Los contenidos de CO en ambos suelos y de Nt en el suelo franco disminuyeron significativamente ( $p < 0,05$ ) a partir de la exposición a 500 °C mientras que el contenido de Nt del suelo franco arenoso presentó una reducción a 600 °C. Las pérdidas en los contenidos de CO y Nt se producirían por combustión de la materia orgánica del suelo y volatilización de los compuestos nitrogenados Smith et al., (2001). [160]

Por otra parte la disminución de la relación CO/Nt a partir de la exposición de ambos suelos a 400 °C, indica que las pérdidas de CO fueron mayores que las de Nt. A altas temperaturas la materia orgánica presenta mayor grado de descomposición aumentando las formas de nitrógeno orgánico no hidrolizables y por lo tanto menos mineralizable (Walker et al. (1986). [161] La energía calórica que se libera durante la quema del suelo ejerce un efecto similar al de la degradación biológica de la materia orgánica, la diferencia radica en la velocidad de dichos procesos (García Oliva et al., 1999). [162]

Indiscutiblemente el N en el suelo no está regulada por un equilibrio químico, sino principalmente por procesos biológicos, derivados de la actividad microbiana del suelo que afectan sobre todo a las formas minerales y a las formas orgánicas de reserva. Ejemplos de estos procesos son la mineralización, nitrificación, amonificación, desnitrificación. Debido a que la mayoría del N del suelo es orgánico, existe siempre una estrecha asociación entre los contenidos de materia orgánica del suelo (MOS) y de N total del suelo.

Por tanto el contenido de MOS cambia drásticamente debido al fuego, cuando se pasa de una situación de campo natural a una situación de quema antes de realizar adecuaciones para el laboreo del suelo, afecta considerablemente la actividad microbiana reduciendo sus poblaciones pero a la postre esta reducción significativa es la que genera una oferta ambiental adecuada para estimular nuevamente su colonización a rápidamente por parte de las bacterias encargadas de los procesos del N al aumenta la superficie específica del suelo que se expone y aumentan también la aireación y la tasa de mineralización de la MOS.

En los cambios en la tasa de respiración del carbono se revelo un efecto significativo en las semanas, en los tratamientos y en la interacción entre semanas y tratamientos sobre la

respiración del suelo. En cuanto a las diferencias entre semanas se deduce según como lo muestra la Figura 4.14. El suelo resulto tener un mayor desprendimiento de CO<sub>2</sub> en la semana 3 y 5 marcando estas dos semanas una fuerte diferencia con la semana 2 y 4, donde la semana 4 muestra una menor producción de CO<sub>2</sub>.

Al considerar las características edafoclimáticas se observa que en la semana 3 y 5 se presentaron precipitaciones por lo cual el suelo recuperó humedad y el pH el cual es considerado ácido en las dos zonas de estudio influenciaron en la mayor producción de CO<sub>2</sub> en la semana 3 y 5. Esto sumado a aspectos inherente al manejo como la incorporación de restos vegetales, uso de coberturas y/o arboles de sombra que podría estar influenciando una mayor actividad microbiana en las últimas semanas.

De tal manera que la medición del dióxido de carbono respirado es una estimación de la actividad y, por lo tanto, de la presencia microbiana; tal actividad varía en función de diferentes factores, como el uso del suelo, mineralogía, cobertura vegetal, prácticas de manejo, calidad de los residuos que entran al sistema (Mora, 2006)..

La eliminación de la vegetación a partir de las quemas realizadas y el surcado de las subparcelas sometidas al tratamiento de corte de raíces alteran las condiciones naturales del suelo debido a que disminuyen las pérdidas de agua por evapotranspiración. En consecuencia, favorece un aumento considerable del contenido volumétrico de agua en el suelo, lo cual a su vez afecta las tasas de respiración heterotróficas como quedó demostrado en el presente trabajo.

Así mismo como lo muestra el ANOVA se presentaron diferencias significativas entre tratamientos como lo demuestra la figura 4.14.1 en donde T2 LIB correspondiente al tratamiento con quema del Líbano muestra un comportamiento diferente al T1 CAS (suelo sin quema) y T2 CAS (suelo con quema) la anterior respuesta corresponde a que el suelo con quema del Líbano tuvo mayores emisiones de CO<sub>2</sub> a pesar de haber presentado valores menores de carbono orgánico con respecto a los tratamientos del municipio de Casabianca, en donde el carbono orgánico disminuyó con las quemas, caso contrario sucedió en el municipio del Líbano ya que esta variable CO aumento con las quemas como se evidencia en la Tabla 4.8. Se resalta también que en el T2 LIB presenta el mayor valor de respiración en función del carbono orgánico, atribuido al hecho que la muestra de suelo provino de un terreno en donde se frecuenta la mecanización del suelo con la consecuente exposición de la materia orgánica M.O y natural incremento en la actividad microbiana (Paul y Clark, 1989). [163]

En cuanto al uso del suelo, en promedio los suelos sin quema de ambos municipios registraron una tasa de respiración significativamente menor que los suelos con quema es decir lo que sugiere que los suelos sin quema actúan mejor como retenedores de carbono, teniendo en cuenta la calidad de las entradas de MO y los mecanismos naturales de estabilización del C en estos ecosistemas, confirmando lo expuesto por (LAL 2005) [164]

En relación a que los cambios en el uso de los suelos conlleva al aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera. De igual manera se confirma que el carbono orgánico es más susceptible al metabolismo microbiano y que los suelos son la mayor fuente de Carbono Orgánico

También se observó una correlación positiva con el Ph, indicando para estas condiciones que a medida que los suelos tienden a ser ácidos se estimula en un alto porcentaje la respiración del suelo como efecto indirecto de la actividad microbiana.

Finalmente la interacción entre tratamiento y semanas tuvo comportamientos con diferencias significativas ya que como lo muestra la figura 4.14 el tratamiento 2 del Líbano (T2 LIB) mostró una menor respiración en la semana 4 diferente de los demás tratamientos y su comportamiento durante las semanas de muestreo, esta interacción determina la influencia que tiene las condiciones climáticas y el tipo de manejo del suelo en la actividad de la biomasa del suelo, teniendo en cuenta que para la semana 4 de realizada la quema el suelo siguió perdiendo humedad, pero comparando su comportamiento con los suelos sin quema (T1CAS) y suelos con quema (T2 CAS) de Casabianca la incorporación de MO a partir de la quema realizada y las mediciones de CO resueltas en este mismo ensayo fue menor en el tratamiento 2 de Líbano (T2 LIB) lo cual explicaría su comportamiento en la semana 4.

Observamos como la actividad microbiana se reduce considerablemente cuando disminuye el contenido de humedad de un suelo y observamos también que la respiración es mayor en el suelo que tiene mayor contenido en materia orgánica lo que era de esperar ya que la biomasa microbiana de un suelo representa entre 1% y 3% de la materia orgánica sin embargo hay que tener en cuenta que la medida del desprendimiento de CO<sub>2</sub> estima la biomasa microbiana del suelo que realmente está activa.

Lo anterior confirma lo expuesto por Schlesinger y Andrews ( 2000). [165] titulado En donde manifiesta que la variación estacional de la respiración total está asociada principalmente a las diferencias de humedad del suelo, sugiriendo que desde el suelo se emiten cantidades considerables de carbono hacia la atmósfera, y que factores ambientales como la humedad y la temperatura del suelo, ejercen un control importante sobre las tasas de emisión. De este modo, un incremento en la emisión de CO<sub>2</sub> desde los suelos de estos ecosistemas, en respuesta a los cambios ambientales, puede tener grandes implicaciones en el balance global del carbono.

Los cambios en la macrofauna del suelo expuesta a la quema física se determinan según la recolección de insectos que aquí se presenta para los tratamientos con quema y sin quema de los municipios de Líbano y Casabianca representa la riqueza y/o abundancia. La estructura de la dominancia es característica de estos municipios que tienen excelente calidad ecológica, pocas especies dominantes. Algunos taxones suelen tener gran éxito dentro de las nuevas condiciones de suelos quemados y ocupan un claro lugar en la dominancia, con una o 2 especies representando más de la mitad de la abundancia total. En general se sabe que estas dos zonas de estudio es un claro ejemplo de ello.

En este trabajo se evaluaron los cambios que tuvieron los órdenes Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera, Orthoptera y Hemiptera, relacionados con las variaciones sufridas en la vegetación y en el suelo después de la quema. Como era de esperarse, hubo una disminución en la riqueza total de especies de los sitios sin quema a los quemados. Sin embargo, la abundancia en el orden de los Hemipteros como lo muestra la Figura 4.23. El tratamiento sin quema T1 LIB no manifiesta presencia de este tipo de insectos sin embargo en el tratamiento con quema T2 LIB se muestra la presencia de Hemipteros en esta zona después de la quema. Esta tendencia coincide, en parte, con lo encontrado por numerosos autores Lussenhop (1976); [166], Muona, J. y I. Rutanen (1994). [167], Armúa, A. C., A. C. Bernardis, S. M. Mazza y M. C. Goldfarb. 2004. [168], Dress, W. J. y R. E. Boerner. 2004. [169], Prieto, S. E. y Ves Losada, J. C. 2007. [170], Bliss, G., L. Marz y S. Steenhoek. 2012. [171], Jiménez-Gutiérrez, V. 2013. [172], Reyes, U. J. S., S. N. Maldonado, E. I. D. L. González, I. Rubí, R. De León, L. H. Hernández y K. Y. B Adrián. 2012. [173] quienes mencionan que la riqueza de especies y el número de individuos se pueden incrementar después de un incendio. En contraste, en otros estudios a corto plazo, se ha observado que numerosos grupos de insectos disminuyen su abundancia después de los incendios forestales (Hansen, 1986; Anderson et al., 1989; Siemann et al., 1997) [174], Anderson, R. C., T. Leahy y S. Dhillion. 1989. [175], Siemann, E., J. Haastard y D. Tilman. 1997. [176], Por ejemplo, Rivera-Cervantes y García-Real (1998) Rivera-Cervantes, L. E. y E. García-Real. 1998. [177], García-Real, E. 1995. [178] . estudiaron coleópteros (Scarabaeinae y Silphidae) en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco y en las áreas no quemadas obtuvieron abundancias 2 veces mayores que en áreas quemadas.

Desafortunadamente el orden de Lepidópteros es una población que se muestra cada vez más reducida después de las quemas, sin embargo un grupo como los Himenópteros siempre fueron abundantes en los suelos de Líbano, a pesar de mostrar una reducción en su población en los suelos con quema del Líbano (T2 LIB).

Se sabe también que no es fortuito que un grupo como Hymenoptera contenga una de las mayores riquezas de especies en prácticamente cualquier tipo de ambiente. La mayor parte de la biodiversidad animal de un área puede caracterizarse atendiendo al estudio de grupos como Coleoptera, Diptera e Hymenoptera May, 1988; Erwin (1991). [179] Erwin, T. L. 1991. Tal vez estos grupos en conjunto representen hasta un 80% de la fauna de cualquier área.

El alto número de especies recolectadas de Hymenopteros, seguidos por el orden de Dipteros, coleópteros y orthopteros son característicos de un ecosistema conservado, no sólo se deben a la gran diversidad de las zonas de estudio sino a la gran eficiencia de recolección para los taxones, la cual ya ha sido documentada (Juillet, 1963; Hosking, 1979; Basset, 1988; Basset y Arthington, (1992) [179], Juillet, J. A. 1963. [180], Hosking, G. P. (1979) [181] Basset, Y. 1988. Basset, Y. y A. H. Arthington. (1992). [182]

Hill, C. J. y M. Cermak. (1997). [183] McWilliam, H. A. y R. G. Death. (1998). [184] Leksono, A., N. Nakagoshi e Y. Isagi. 2005 [185], Esperamos que esta metodología pueda ser utilizada con mayor frecuencia en estudios futuros, que permitan hacer comparaciones y abordar distintas variables, como su ubicación en un rango altitudinal, en distintos tipos de ecosistemas, bajo distintos grados de conservación, etc.

Particularmente, el hecho de que Hymenoptera presentara el mayor número de individuos quizá se debe a que este orden es uno de los más ricos en especies, ya que tiene más de 100.000 descritas en el mundo, de las cuales 4800 se han citado para Colombia (Banco de la República 2015). [186] También biológicamente es muy diversa, se le encuentra en diferentes tipos de hábitats y sus representantes pueden alimentarse de una amplia gama de recursos White, 1983; Solís, (2002). [187] El segundo orden con mayor riqueza de morfoespecies fue Coleoptera; probablemente se deba a que es el orden con el mayor número de especies de todo los ordenes de entomofauna y al que se le pueden encontrar en diferentes tipos de hábitat incluyendo el acuático; tiene representantes de hábitos diurnos y nocturnos, y la mayoría de sus especies son fitófagas, alimentándose de cualquier parte viva o muerta de las plantas Solís, (2002). [188] Además es un taxon que se le puede encontrar en cualquier tipo de hábitat: bajo la corteza de los árboles, flores, carroña, en la hojarasca del bosque, en hongos y frutos en descomposición, además de que sus hábitos alimentarios pueden ser micófagos o saprófagos Habeck, 2002; Solís, (2002). [189]

El que se presentaran diferencias significativas entre tratamientos en los órdenes de Himenóptera, Coleóptera, lepidóptera y orthoptera, notándose que en los tratamientos sin quema fueron diferentes a los tratamientos con quema, expresando estos una reducción en la riqueza de sus poblaciones. Teniendo en cuenta que la recolección de insectos se realizó en época de sequía y no de lluvias puede atribuirse el mayor número de taxones de talla pequeña (menores a 5 mm) durante la época seca en comparación con la segunda época de lluvias del año, posiblemente porque es cuando logran desplazarse con mayor facilidad para buscar sus distintos recursos, ya que un evento de lluvia puede impedir el vuelo de estos insectos pequeños; así como el hecho de que estas zonas mantienen considerable humedad ambiental durante todo el año gracias a su neblina característica. Aunque no debe descartarse la posibilidad de que los Hymenopteros, lepidópteros, orthopteros y coleópteros de tallas grandes puedan caer fuera del recipiente colector o incluso salir del líquido colector, esta probabilidad sería la misma para los tratamientos con quema y tratamientos sin quema, no existen datos en la literatura al respecto, por lo que sería pertinente hacer observaciones de campo.

Por otro lado, al no encontrarse diferencias significativas en el orden dípteros y hemípteros se puede apreciar en la Figura 4.17 y 4.22 respectivamente que el valor máximo fue en la semana 3 presentando en esta semana un mayor número de individuos para estos dos taxones. Se sabe que en estos territorios de montaña los periodos de lluvia y sequía no están bien delimitados Luna et al., (2001) [190].

En Líbano y Casabianca en las últimas semanas para las épocas de muestreo se presentaron precipitaciones. Quizá ese factor influyó para que en dicha semana se recolectara un mayor número de morfoespecies, ya que probablemente estas lluvias ayudaron a la aparición de nuevos recursos vegetales (frutos, flores, brotes, etc.), así como al surgimiento de cuerpos fructíferos de algunas especies de hongos.

Algunas investigaciones que comparan la entomofauna durante las temporadas del año (por ejemplo Márquez, 1994, 1998; Pérez, (1996) [191]

Márquez, J. (1998). [192] Pérez, A. 1996 [193]. han encontrado una mayor riqueza y abundancia de organismos en la época de lluvias y argumentan que se debe a que es la época con mayor cantidad de recursos alimenticios disponibles. Este trabajo confirma estos mismos resultados ya que de manera significativa, los valores de riqueza de morfoespecies, abundancia y diversidad fueron más favorables en la semana 3 donde se presentaron lluvias, posiblemente debido a que en estas zonas de montaña los periodos secos son cortos y poco intensos. Aunque se reduce la humedad del suelo y existe poca precipitación, la nubosidad en forma de neblina reduce la evaporación, ayudando a que exista agua durante periodos de poca lluvia, lo que influye para que en estos bosques nunca exista deficiencia marcada de humedad Luna et al.,( 2001). Luna, I., A. Velázquez y E. Velázquez. (2001). [194] Posiblemente debido a lo anterior, los organismos que ahí habitan nunca tienen una fuerte escasez de alimento.

Algunos autores coinciden en que el impacto inicial del fuego produce una drástica reducción en las abundancias de los organismos del suelo, pero su número se recupera con el tiempo Metz y Dindal, (1980). Metz, L. y D. Dindal. 1980. [195]. Esto depende también del grupo de organismos estudiado, por ejemplo, Jiménez-Gutiérrez (2013) Jiménez-Gutiérrez, V. (2013). [196] obtuvo abundancias altas para escarabajos del estiércol en los primeros años después del incendio y para Silphidae abundancias bajas, invirtiéndose este patrón con el paso del tiempo. En nuestro caso, la mayor parte de las especies presentaron menor abundancia durante las semanas muestreadas después de la quema, lo que sugiere un efecto a más largo plazo.

Encontramos diferencias importantes en las variables carbono orgánico CO Y tasa de respiración TRmgCO<sub>2</sub> aumentando su valor en el caso de Líbano. lo anterior tiene influencia sobre los insectos colectados, especialmente el orden Hemiptera ya que al aumentar el CO aumentan los niveles de incorporación de materia orgánica MO afectando positivamente la biomasa microbiana condiciones óptimas para la aparición de estos insectos después del incendio en el Líbano, caso contrario sucedió en los tratamientos de Casabianca donde los niveles de CO disminuyeron después del incendio, confirmando lo expuesto por Louzada et al. (2010) [197] Encontramos diferencias importantes en la relación CO:N debido a una disminución en el tiempo, principalmente de carbono orgánico. A los escarabajos pareció afectarles esta reducción, biomasa disponible,

intensidad (temperaturas alcanzadas y duración), área y tiempo desde el último incendio Bodí et al., (2012). [198]

Por otro lado según el índice de Simpson y como lo indica el análisis de correspondencia se encontró un dominio de Hymenopteros en el municipio de Líbano en ambos tratamientos suelos sin quema y con quema como sucede en áreas boscosas de otros paisajes templados Morón y Terrón, (1984) [199], Morón, M. A. y R. A. Terrón. (1984). [200] Rivera-Cervantes, L. E. y E. García-Real. 1998. [201], Martín-Piera, F. y J. M. Lobo. (1993). [202], García-Real, E. (1995). [203], Halffter, G., M. E. Favila y L. Arellano. (1995). [204], Arellano, L. y G. Halffter. 2003. [205], Arriaga, A., G. Halffter y C. Moreno. (2012). [206] en contraste en el municipio de Casabianca se presentan los valores más altos de diversidad siendo el más diverso el suelo sin quema. Observándose en estudios a corto plazo, que numerosos grupos de insectos disminuyen su abundancia después de los incendios forestales (Hansen, 1986; Anderson et al., 1989; Siemann et al., (1997). [207] Anderson, R. C., T. Leahy y S. Dhillion. (1989). [208] y Siemann, E., J. Haastard y D. Tilman. (1997). [208]

## 6. CONCLUSIONES

La quema de los suelos constituye un hábito empleado por los caficultores desde hace años por su eficiencia en dejar el suelo apto para sembrar rápidamente el cultivo de café o cultivos propios de las zonas de ladera. Han permitido que muchas personas, generación tras generación, puedan producir los alimentos que sus familias necesitan. A pesar de los beneficios inmediatos que en un principio puede generar la práctica de la quema.

En cuanto a las propiedades físicas del los suelos: la Da aparente bajo los parámetros de la incidencia del fuego no presentan cambios estructurales en suelos sometidos a las quemas en el municipio del Líbano, ni en la localidad de Casabianca, siendo indiferente esta practica agrícola en el detrimento de este valioso recurso natural. Así mismo la humedad del suelo bajo la evaluación del mismo parámetro quemas físicas del suelo expueso cambios sustanciales durante todo el periodo de evaluación mostrando la incidencia que implica está como practica agrícola de los suelos para las 2 localidades de estudio. Y no muy lejos de este comportamiento Dentro de estas mismas propiedades físicas la infiltración basica de los suelos en ambas localidades de estudio registro cambios notorios durante el periodo de evaluación de esta variable de estudio mostrando una respuesta a los tratamientos sometido.

Las propiedades físicas del suelo sufrieron algunos cambios considerables, principalmente en las propiedades asociadas al almacenamiento y movimiento del agua dentro del perfil del suelo. Determinando que la quema física como practica agrícola antes de la siembra de un cultivo si afecta en grandes proporciones, limitando el movimiento del agua vital para el desarrollo de ecosistemas que sustenta. Como tambien, de las plantas ya que algunas raíces débiles podrían sufrir debido a que la fase sólida del suelo se endurece en el proceso. Al mismo tiempo, la capacidad de retención de humedad se reduce, representando un problema para el cultivo.

Las propiedades químicas evaluadas bajo los parámetros de estudio quemas, proporciono información suficiente para determinar que la implementación del fuego en la agricultura

inciden revelando cambios entre los tratamientos para la propiedad química; potencial de hidrogeno pH debido a que aumenta una vez inicia la confragación de la cobertura vegetal presente en la superficie del suelo. Por otro lado el pH de todos los suelos evaluados es de carácter ácido aun así estos muestran aumento en los valores producidos por la reducción de los microorganismos debido a los diversos grupos activos que aportan grados de acidez, adición de ceniza, oxidación rápida de la materia orgánica incinerada, reducción de la humedad en cuanto a los suelos del municipio del Líbano y más evidentes para la localidad de Casabianca esto se presenta a la relación del suelo con factores climáticos y el material original formador del suelo. En términos generales, los suelos del municipio de Casabianca y Líbano aumentaron la acidez.

Por tanto el carbono orgánico otra de las variables de estudio de tipo químico presentó cambios pero no de manera esperada, ya que su comportamiento fue estable a pesar de los cambios cuando se trató del testigo vs el tratamiento positivo, de la misma manera se presentó estable el comportamiento a lo largo de las 5 semanas que tardó la recolección de las muestras. Pero manifestó cambios tratándose de la interacción semana X tratamiento en algún momento del periodo de estudio, por lo tanto la combustión edáfica altera la Materia Orgánica, siendo esta la principal fuente de carbono del suelo. Así mismo a los diversos grupos activos que desdoblan el carbono de los residuos orgánicos aportados al suelo que indirectamente se sometieron a cambios bruscos de temperatura.

Al respecto cabe señalar que por ser suelos de clima frío los porcentajes de C.O en los suelos sin quema en el municipio de Casabianca sean superiores a los suelos con quema, sin embargo la disminución de CO en los suelos con quema de Casabianca se asume que ocurrió debido a la salida de C del suelo en forma de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera, erosión y lixiviación. El  $\text{CO}_2$  emitido desde el suelo a la atmósfera no solo se produce por la mineralización de la MO donde participa la fauna edáfica (organismos detritívoros) y los microorganismos del suelo, sino también se genera por el metabolismo de las raíces de las plantas. Lo anterior explicaría los valores que presentaron los suelos de Casabianca.

El nitrógeno total de los suelos estudiados fluctuó durante los tiempos de evaluación. En términos generales, el nitrógeno total fue mayor en suelos quemados, que en suelos no expuestos a la quema en ambas localidades. Se cree que fue debido a que la solubilidad de los compuestos nitrogenados es alta, su disponibilidad para las plantas y microorganismos normalmente también es alta, bajo determinadas condiciones por ejemplo; si el estado de oxidación es el adecuado. El enriquecimiento de Nitrógeno total se puede atribuir a la mineralización de la materia orgánica del suelo y de la ceniza dejada por la biomasa aérea que se incineró de manera incompleta como su principal causa o a la reactivación del crecimiento de la cobertura vegetal predominante.

La rápida respuesta al aumento de la actividad microbiana que se efectúa inmediatamente después de la quema, como resultado del incremento en el pH. Ese aumento repentino de la actividad por parte de los microorganismos da lugar a una consecuente subida en la disponibilidad de nutrientes durante un corto tiempo. Sin embargo, como la materia orgánica ha quedado reducida a cenizas, con el tiempo las poblaciones de

microorganismos y su actividad se reducen considerablemente. Además se tiene en cuenta que el material orgánico después de la quema es distinto al de los suelos sin quemados lo cual tendría consecuencias inmediatas en la producción de C y N.

Hemos medido la respiración del suelo que nos da una idea de la actividad microbiana existente en el mismo, hemos observado que la respiración del suelo es menor en los suelos sin quemados de ambos municipios y semanas después en los tratamientos con quemados aumenta el contenido de humedad por condiciones ambientales durante las épocas de muestreo, condicionando a los microorganismos presentes a respirar en aumento.

Los suelos expuestos al fuego aumentaron las emisiones de CO<sub>2</sub> durante las semanas de muestreo.

Las tasas de Respiración de cada tratamiento presentaron diferencias significativas en los tratamientos, Semanas y la interacción de tratamientos semanas estos resultados sugieren, principalmente, que desde el suelo de las zonas cafeteras se pueden emitir cantidades considerables de carbono hacia la atmósfera, y que factores ambientales como la humedad y la temperatura del suelo, ejercen un control significativo sobre las tasas de emisión. De este modo, un incremento en la emisión de CO<sub>2</sub> desde los suelos de estos ecosistemas, en respuesta a los cambios ambientales, puede tener grandes implicaciones en el balance global de carbono.

El metabolismo del suelo es medido como tasa de respiración de la actividad microbiana expresada en unidades de miligramo de dióxido de carbono.

Las condiciones edafoclimáticas como precipitaciones, materia orgánica, carbono orgánico, Ph y humedad jugaron un papel determinante al momento de medir las tasas de respiración de cada tratamiento.

La medición de macrofauna a partir de métodos como Margalef, Simpson y Shanon facilitaron el análisis de abundancia, riqueza y diversidad los órdenes encontrados en esta investigación, encontrándose como orden abundante y dominante el taxón de Hymenoptera seguido por el orden de coleópteros en el municipio de Líbano. Mostrando el municipio de Casabianca una diversidad más marcada en todos sus órdenes en comparación al municipio del Líbano.

En general los órdenes de entomofauna colectados tuvieron una disminución en sus poblaciones en los tratamientos expuestos a la quema en ambos municipios, excepto el orden Hemiptera el cual en el T1 LIB (sin quemados) no marcaba ningún tipo de presencia, sin embargo después de realizado el incendio se hizo presente en el muestreo de este municipio.

Los resultados obtenidos a partir del ANOVA para los seis órdenes encontrados en las zonas muestreadas tuvieron diferencias significativas en abundancia únicamente en los taxones Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera y Orthoptera.

En general, la exposición de los ecosistemas al fuego son consideradas las mayores amenazas para la biodiversidad estas perturbaciones son cada vez más frecuentes y muchas veces irreversibles, si no se toman medidas para restaurar el paisaje. En este estudio mostramos que la fauna de insectos asociados a los ecosistemas de cultivo como el café sufrió grandes cambios.

La información debe proceder de la mayor variedad de organismos posibles, incluyendo principalmente a los insectos, grupo taxonómico representativo de la biodiversidad terrestre, y es también necesario incluir distintos atributos de la diversidad biológica (número de especies, riqueza, endemidad, diversidad filogenética, especies en peligro de extinción, entre otros). Si se considera de los Hymenoptera, díptera, coleóptera, orthoptera, hemiptera y lepidoptera aquí reportado como indicador de diversidad, sugerimos que las zonas de Líbano y Casabianca, se encuentran en un buen estado de conservación que debería ser protegido y estudiado.

Con el presente trabajo podemos esclarecer algunos efectos que producen nuestras acciones de manejo, como una quema controlada en la fauna edáfica y componentes del ecosistema en el cual se desarrollan e interactúan; El impacto de la quema, para las variables estudiadas, en este ambiente y bajo las condiciones del ensayo, si afectó considerablemente a la abundancia de la fauna edáfica estudiada.

El cambio de los agroecosistemas de su estado natural a las actividades agropecuarias por el hombre implementando quemadas controladas generó en los suelos del presente estudio un impacto sobre sus propiedades físicas humedad e infiltración. En este sentido, la retención de humedad fue una de las propiedades más afectadas por el cambio de uso del suelo junto con la infiltración, siendo los suelos incinerados los que presentaron menor capacidad de almacenamiento. En lo referente a las propiedades químicas estudiadas se dejaron ver cambios leves en el pH tratándose de los tratamientos. El carbono orgánico en las interacciones e indiscutiblemente en el nitrógeno total entre tratamientos, semanas e interacciones. Aspecto que ha incidido directamente sobre la calidad de este recurso suelo y en el sistema estratégico integral.

El suelo que se encontraban en descanso fueron los que presentaron los cambios menos significativos en sus propiedades físicas, químicas y biológicas al compararlo con el los tratamientos positivos

El estudio realizado demuestra que el efecto del fuego sobre el suelo es variable, dependiendo de su severidad, de la calidad y grado de incorporación de las cenizas, y de la frecuencia de quemadas si es de presentarse.

## 6. RECOMENDACIONES

En busca de una agricultura que garantice la seguridad alimentaria de los agricultores, sus familias y comunidades, es necesario buscar alternativas que sustituyan o controlen la práctica de la quema, de manera que se reduzca la destrucción de los suelos y así mantener o mejorar su fertilidad y, consecuentemente, su productividad.

Con base a los resultados obtenidos es necesario hacer extensivo a los productores que utilizan la práctica quema física en la agricultura sin conocimiento claro. Informar de manera detallada los efectos y empezar un periodo de transición a una agricultura más orgánica o de conservación, con el propósito de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos en un futuro próximo.

La falta de educación, concientización y el impacto negativo, que generan las comunidades agrícolas con el uso de las quemas, sobre de uno de los recursos más importantes para la sociedad, el suelo, son factores que se deben cambiar para mitigar el uso de este tipo de prácticas.

La educación ambiental debe ser partícipe de un cambio y una transformación cultural, dirigido hacia una ética ambiental, para alcanzar una sociedad comprometida con la naturaleza, de ahí la importancia de divulgar los resultados de este proyecto a la comunidad escolar, llamadas futuras generaciones a fin de lograr un *cambio de pensamiento* socio - natural, proyectada a la conservación del ambiente.

Para lograr un estudio más detallado del impacto de las quemas sobre la biología del suelo, es necesario evaluar suelo sin intervención, con el fin de comparar con suelo intervenido, empleando técnicas más avanzadas que permitan tener una idea más completa del impacto en la Biología del suelo.

Es necesario impulsar y apoyar la elaboración de proyectos de investigación, que premian la excelencia académica e investigativa de los estudiantes, y que den un mejor reconocimiento y posicionamiento de la Facultades de la Universidad de Manizales.

El compartir experiencias con investigadores y académicos en laboratorios, campo, y eventos y trabajos en conjunto, permite la formación de estudiantes con vocación científica.

## Bibliografía

- [1]. Castañeda Córdova, L. Z., Arellano Cruz, G., & Sánchez Infantas, E. (2007). Efecto de una quema controlada en los artrópodos epígeos de pasturas en la SAIS Túpac Amaru, Junín-Perú. *Ecología Aplicada*, 6(1-2), 47-58.
- [2]. CARDONA, D., & SADEGHIAN, S. (2006). Evaluación de propiedades físicas y químicas de suelos establecidos con café bajo sombra ya plena exposición solar.
- [3]. *Bustillo, P. (2008) Titulada: Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana. Chinchina (Colombia).*
- [4]. Deckers, J., Spaargaren, O., & Nachtergaele, F. (1998). Base referencial mundial del recurso suelo. FAO, SICS, ISRIC.
- [5]. González, S (2009) Historia de la Ciencia del Suelo 12ª Parte. Los aportes de Génesis, clasificación y uso al conocimiento de la Ciencias del Suelo recuperado de internet <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/05/24/66311> [el 24 mayo, 2016]
- [6]. Hans, Y (1941). Factors of soil formation. A system of quantitative pedology. McGraw-Hill. New York, 281 p.
- [7]. Ibit. P. 281
- [8]. CORMAGDALENA (2003) Plan de desarrollo forestal para la reactivación del proyecto CARARE-OPON. Recuperado de internet: <http://es.scribd.com/doc/27879455/Unidistrital-Diagnostico-Region-Del-Carare-Opon-santander#scribd>
- [9]. De las Salas, G. (1987). Suelos y ecosistemas forestales: con énfasis en América Tropical (No. 80). Iica.

- [10].ALARCÓN, M., & ALONSO MIELGO, A. M. (2008). Limitaciones y potencialidades de los cultivos herbáceos ecológicos en Andalucía. In VII Congreso de la SEAE. P. 15
- [11]. Ibit. P. 17
- [12]. De las Salas Op. Cit. p. 37
- [13]. Ramiro, R. P., Paula, T., & Betty, R. (2010). Identificación y cuantificación de la actividad microbiana, y macrofauna de un andisol bajo diferentes sistemas de manejo. Marinilla (Antioquia)[Publicación periódica].-Medellín: UNAL Medellín.  
[Online] [http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/rramirez/identificacion\\_y\\_cuantificacion\\_de\\_la\\_actividad\\_microbiana,\\_y\\_macro\\_fauna\\_de\\_un\\_andisol\\_bajo\\_diferentes\\_sistemas\\_de\\_manejo,\\_en\\_el\\_municipio\\_de\\_marinilla\\_antioquia.pdf](http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/rramirez/identificacion_y_cuantificacion_de_la_actividad_microbiana,_y_macro_fauna_de_un_andisol_bajo_diferentes_sistemas_de_manejo,_en_el_municipio_de_marinilla_antioquia.pdf)
- [14]. Sadeghian, S. (2010). La materia orgánica: componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros. Cenicafé, Chinchiná, Colombia.
- [15]. Jenkinson, D.S. 1971. Studies on the descomposition of <sup>14</sup>C- labelled organic matter in soil. Soil Sc. 11:64-70.
- [16]. Peña, E., Carrión, M., Martínez, F., Rodríguez, R., &Companioni, N. (2002). Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. La Habana, Cuba. INIFAT. (p. 5)
- [17]. Burbano, H. 2002. Materia orgánica, acción microbial y alternativas biorgánicas para la sostenibilidad de los suelos agrícolas. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Capítulo Tolima. 13 – 30 p.
- [18]. Ibit. P. 13
- [19]. Cardona, D., &Sadeghian, S. (2006). Evaluación de propiedades físicas y químicas de suelos establecidos con café bajo sombra ya plena exposición solar.
- [20]. Rucks, L., García, F., Kaplán, A., de León, J. P., & Hill, M. (2004). Propiedades físicas del suelo. Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos y Aguas, Montevideo, Uruguay. Montevideo, Uruguay.
- [21]. Ibit. P. 15
- [22]. Rucks, L., García, F., Kaplán, A., de León, J. P., & Hill, M. Op. Cit. p. 31

- [23]. Baver, L. D., Gardner, W. H., & Gardner, W. R. (1972). Física de suelos. Uteha. Departamento de Agronomía de la Universidad del Estado de Ohio. Cuarta Edición. 4: 127-165.
- [24]. Hubbert, K.R., Preisler, H.K., Wohlgemuth, P.M., Graham, R.G., Narog, M.G., (2006). Prescribed burning effects on soil physical properties and water repellency in a steep chaparral watershed, Southern California, USA. *Geoderma* 130, 284– 298.
- [25]. Ketterings, Q.M., Bigham, J.M., Laperche, V., 2000. Changes in soil mineralogy and texture caused by slash-and-burn fires in Samatra, Indonesia. *SoilSci. Soc. Am. J.* 64, 1108–1117
- [26]. Ruiz, E. M. (2001). Manual de quemas controladas: el manejo del fuego en la prevención de incendios forestales. Mundi-Prensa Libros. p. 59
- [27]. González D, AA. 1987. Efectos de la quema sobre la fertilidad del suelo para plantaciones forestales (Resumen en línea). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Disponible en <http://146.83.41.79/profesor/migcasti/linfor/memoria/1986-ENRIQUE%20MODER%20Z.%20-%20SP.doc> Consultada el 20 de junio del 2007.
- [28]. Fassbender, H. W., & Bornemisza, E. (1994). Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina (No. 81). Iica. (p.420)
- [29]. Blanco Sandoval, J. O. (2003). Manejo integral de suelos con énfasis en el cultivo del arroz. P. 65
- [30]. Wade, D. D., & Lundsford, J. (1990). La quema como medio de ordenación forestal: el uso de quemas controladas en el sur de los Estados Unidos. *Unasylva*.
- [31]. Correa y Aromovich. 1979. Influencia da Queima Periodica sobre a Vegetação e sobre la fertilida de dos terrenos de Pastagens. v.8, nº 2, p. 332-346.
- [32]. Martínez M., Gutiérrez V., Novo R. 2011. Microbiología aplicada al anejo sustentable de suelos y cultivos. Ed. USM. Universidad Federico Santa María, Chile. 235p.
- [33]. Su, J; Katagiri, S. (1997). Pérdida de nitrógeno del suelo a continuación de un tratamiento de corta y quema en un bosque secundario de Japón Occidental (en línea). Disponible en <http://www.fao.org/forestry/docrep/wfcxi/publi/v1/T6S/4-4.HTM> Consultada el 5 de junio del 2007.
- [34]. Hernández-Valencia, I., & López-Hernández, D. (2002). Pérdida de nutrientes por la quema de la vegetación en una sábana de *Trachypogon*. *Revista de biología tropical*, 50(3-4), 1013-1019.

[35]. Garavito, F. (1979). Propiedades químicas de los suelos. Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC).[Links].

[36].Chirinos, E., Campos, Y., &Mogollon, P. (2013) Relación entre la materia orgánica y las propiedades biológicas de un suelo de la llanura de coro, bajo los efectos de enmiendas orgánicas.

[37].Hurst, C. J., Crawford, R. L., Garland, J. L., & Lipson, D. A. (Eds.). (2007).Manual of environmental microbiology. American Society for Microbiology Press.

[38].Cano, M. A. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, Trichodermaspp. yPseudomonasspp. Una revision. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 14(2), 15-31.

[39].Jenkinson, D. S. and Powlson, D. S. 1976. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. Soil Biol. Biochem. 8:209-213.

[40]. Ibit. P. 837

[41]. Correa, H. D., Ruiz, S. L., & Arévalo, L. M. (2005). Plan de acción en biodiversidad de la cuenca del Orinoco-Colombia/2005-2015. Propuesta Técnica. Bogotá DC[Links].

[42]. Cano, M. A Op. Cit. p. 37

[43]. Brown, G. G., A. G. Moreno, I. Barois, C. Fragoso, P. Rojas, B. Hernández y J. C. Patrón. 2004. Soil macrofauna in SE Mexican pastures and the effect of conversion from native to introduced pastures. Agriculture, Ecosystems and Environment 103:313–327.

[44]. Cardona, D. A., &Sadeghian, S. (2005). Ciclo de nutrimentos y actividad microbiana en cafetales a libre exposición solar y con sombrero de Inga spp.

[45]. MARTÍNEZ H, E; y BECERRA D, M. 2007. Uso y efectos del fuego (en línea). Disponible en <http://www.sap.uchile.cl/docencia/suelos/Us%20y%20efecto%20del%20Fuego.pdf>. Consultada el 20 de junio del 2007.

[46]. García-Álvarez, A. & Bello, A. 2004. Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica. Memorias. I Conferencia Internacional Eco-Biología del Suelo y el Compost. León, España. p. 211

[47]. Cabrera, G., & Crespo, G. (2001). Influencia de la biota edáfica en la fertilidad de los suelos en ecosistemas de pastizales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 35(1), 3-9.

[48]. Brown, G. G., A. G. Moreno, I. Barois, C. Fragoso, P. Rojas, B. Hernández y J. C. Patrón. Op. Cit. p. 6

[49]. Bello, Chamorro. C. (2001). El suelo: maravilloso teatro de la vida. Revista de la Academia colombiana deficiencias exactes, físicas y naturales, 25(97), 483.

[50]. Ibit. P. 120

[51]. Arias, AÓp. Cit. p. 69

[52]. Ibit. P. 69

[53]. Ibit. P. 69

[54]. Ibit. P. 69

[55]. Bello, Chamorro Óp. Cit. p. 102

[56]. Arias, AÓp. Cit. p. 71

[57]. Ibit. P. 71

[58]. Bello, Chamorro Óp. Cit. p. 102

[59]. Arias, AÓp. Cit. p. 71

[60]. Bello, Chamorro Óp. Cit. p. 102

[61]. Heredia, R. R. C., Fernández, O. L. R., & Mena, M. E. G. (2012). Producción de humus de lombriz en cuba, aplicaciones y resultados. Observatorio de la Economía Latinoamericana, (169).

[62]. Llosa, Z. B. (2003). Zoología general. EUNED.

[63]. Bueno-Villegas, J., & Rojas, P. P. 1999. Fauna de milpiés (Arthropoda: Diplopoda) edáficos de una selva alta de Los Tuxtlas, Ver. Acta Zool. Mex.(ns), 76, 59-83.

[64]. Ibit. P. 59

[65]. Ibit. P. 59

[66]. Cupul-Magaña, F. G. (2013). La diversidad de los ciempiés (Chilopoda) de México. Dugesiana, 20(1), 17-41.

[67]. Cupul-Magaña, Óp. Cit. p. 18

[68]. Santa María, B. O. Y. A. C. Á. (2009). Biodiversidad regional: santa maría, Boyacá. Guía de campo artrópodo: arácnidos, miriápodos, crustáceos, insectos.

[69]. Cupul-Magaña, Óp. Cit. p. 18

[70]. Marshall, A. J., & Williams, W. D. (1985). Zoología. Invertebrados. Reverté.

[71]. Cupul-Magaña, Óp. Cit. p. 18

[72]. Marshall & Williams Óp. Cit. p. 602

[73]. Cupul-Magaña, Óp. Cit. p. 20

[74]. Márquez, J. 2004. Primeros registros estatales de especies mexicanas de Staphylininae (Coleoptera: Staphylinidae). Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), 20(1): 91-97.

[75]. Ibit. P. 21

[76]. Ibit. P. 21

[77]. Bello, Chamorro Op. Cit. p. 102

[78]. Cultid, C., Medina, C., Martínez, B., Escobar, A., Constantino, L., & Betancur, N. (2012). Escarabajos coprófagos (scarabaeinae) del eje cafetero: Guía para el estudio ecológico. WCS-Colombia, CENICAFÉ y Federación Nacional de Cafeteros. Villa María. Colombia.

[79]. Márquez. Óp. Cit. p. 21

[80]. Ibit. P. 21

[81]. Ibit. P. 21

[82]. Ibit. P. 21

[83]. Ibit. P. 21

[84]. Bustillo, P. (2008). Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana. Chinchina (Colombia). Cenicafe.

[85]. Palanca-Soler, A. (1987). Aspectos faunísticos y ecológicos de lepidópteros altoaragoneses (No. 2). Editorial CSIC-CSIC Press.

- [86]. Bailowitz, R. A., & Palting, J. O. H. N. (2010). Biodiversidad de los insectos con especial énfasis en Lepidoptera y Odonata. *Diversidad biológica de Sonora*. Universidad Nacional Autónoma de México, Hermosillo, 315-337.
- [87]. Dajoz, R. (2000). *Insects and forests: the role and diversity of insects in the forest environment*. Intercept Limited.
- [87]. Ibit. P. 12
- [89]. Palanca-Soler Óp. Cit. p. 43
- [90]. Bello, Chamorro Óp. Cit. p. 108
- [91]. Escoto, R. J., Cruz, G. H. J. y D. L. Saldivar. 2001. Biodiversidad de himenópteros del estado de Aguascalientes, *Investigación y Ciencia*. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. pp. 20-27
- [92]. Barrientos, J. A., & Abelló, P. (2004). *Curso práctico de entomología (Vol. 41)*. Univ. Autònoma de Barcelona. (p. 813)
- [93] Ibit. P. 813
- [94]. Escoto y colaboradores Óp. Cit. p. 21
- [95] Ibit. P. 25
- [96] Ibit. P. 25
- [97] Ramírez, M., Chacón, P., Armbrecht, I., & Calle, Z. (2001). Contribución al conocimiento de las interacciones entre plantas, hormigas y homópteros en bosques secos de Colombia. *Caldasia*, 23(2), 523-536.
- [98] Ibit. P. 523
- [99] Ibit. P. 523
- [100] Vega, P. B. (2003). Dípteros de interés agronómico: Agromícidos plaga de cultivos hortícolas intensivos. *Boletín de la SEA*, (33), 293-307.
- [101] Carles-Tolrà, M., & Ventura, D. (2009). Dípteros nuevos para las Islas Baleares (Insecta: Diptera). *Heteropterus Revista de Entomología*, 9(2), 161-163.
- [102] Remedios, M., Martínez, M., & González-Vainer, P. (2012). Estudio preliminar de los dípteros asociados a cebos de estiércol y carroña en un bosque serrano de Sierra de Minas, Uruguay. *Acta zoológica mexicana*, 28(2), 378-390.

[103] Ibit. P. 37

[104] Ibit. P. 37

[105] Ibit. P. 37

[106] Vega Óp. Cit. p. 293

[107] Ibit. P. 293

[108] Remedios y colaboradores Óp. Cit. p. 38

[109]. Bello, Chamorro Óp. Cit. p. 97

[110]. Bustillo, P. (2008). Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana. Chinchina (Colombia). Cenicafe.

[111]. Bello, Chamorro Óp. Cit. p. 97

[112] Ibit. P. 97

[113] Ibit. P. 97

[114] Mils, G. H. (2007). Impacto de la quema controlada sobre los principales parámetros químicos del suelo.

[115] Ibit. P. 72

[116] Rodríguez Trejo, D. A. (1996). Incendios Forestales. Mundi-Prensa. Mexico. 630 pp.

[117] Mils Óp. Cit. p. 72

[118] Ibit. p. 72

[119] Martínez H, E; Becerra D, M. 2007. Uso y efectos del fuego (en línea). Disponible en <http://www.sap.uchile.cl/docencia/suelos/Us%20y%20efecto%20del%20Fuego.pdf>. Consultada el 20 de junio del 2007.

[120] Torres, D; Quiroz, R; Juscamaita, J. 2004. "Efecto de una quema controlada sobre la población microbiana en suelos con pasturas en la Sais Tupac Amaru – Junín, Perú". Revista Ecología Aplicada, 3 (1,2), 2004. Lima, Perú.

[121] Gonzalez-Perez, JA; Gonzalez-Vila, FJ; Arias, ME; Rodriguez, J; de la Rosa, JM; Maranon, T; Clemente, L (2011) Geochemical and ecological significance of

soillipidsunderRhododendronpenticum stands. ENVIRONMENTAL CHEMISTRY LETTERS 9: 453-464

[122] Ibit. p. 453

[123] Ibit. p. 453

[124] Hatcher, PG, Spiker, EC (1988) Selective degradation of plant biomolecules. In: Frimmel, FH, Christman, RF eds. (1988) Humic substances and their role in the environment. Wiley, Chichester, pp. 59-75

[125] Gonzalez-Perez y colaboradores Óp. Cit. p. 453

[126] González - Pérez y colaboradores Óp. Cit. p. 453

[127] Torres, D; Quiroz, R; Juscamaita, J Óp. Cit. p. 1-2

[128] Ruiz, E. M. (2001). Manual de quemas controladas: el manejo del fuego en la prevención de incendios forestales. Mundi-Prensa Libros. (p. 59)

[129] Zapata Hernández, R. D. (2006). Química de los procesos pedogenéticos. (p. 15)

[130] Ibit. p. 15

[131] Ruiz, Óp. Cit. p. 59

[132] Ruiz, Óp. Cit. p. 59

[133] Ruiz, Óp. Cit. p. 59

[134] Ruiz, Óp. Cit. p. 60

[135] Revista Colombiana de química, volumen 34, No. 2 DE 2005.

[136] DeBano 98 DeBano, L.F., Neary, D.G. Ffolliott, p.f.1998. Fires's effects on ecosystems. John wiley and sons. New York, NY.

[137] Durin y vogelsang, 1984; giovannini et al. 1988 ----Durgin,P.B., Volgelsang, P.J. 1984. Dispersion of kaolinite by wáter extracts of Douglas- fir ash. Canadian Journal of Soil Science 64,439-444

- [138] Salamanca, Sadeghian ( 2005) (La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana SALAMANCA J.,A.:SADEGHIAN KH., S. CENICAFE 56 (4):381-397. 2005.
- [139] Harris 1989, citado también por Manejo del suelo en los ecosistemas agrícolas de producción ecológica. Juana Labrador. Dra. Ciencias Biológicas. Sociedad Española de Agricultura Ecológica SEAE. E-46470 Catarroja valencia
- [140] Campbell, G.S.; jungbauer, J.d., Jr.; Hungerford, R.D. 1994. Predicting the effect of temperature on soil thermal conductivity. Soil science 158, 307-313. O Tesis doctoral 21 pag Campbell 1994.
- [141] DeBano, L.F., Neary, D.G., Ffolliott, P.F. 2005. Soil physical properties. En: Neary, Daniel G.; Ryan, Kevin C.; DeBano, Leonard F. wildland fire in ecosystems, effects of fire on soil and wáter. General technical Report RMRS-GTR-42-Vol.4. United states department of agricultura, forest service, Rocky Mountain Research station. Ogden, UT
- [142] Martha Constanza Daza Torres<sup>1</sup>; Fanny Hernández Florez<sup>2</sup> y Flor Alba Triana<sup>3</sup>., Efecto del Uso del Suelo en la Capacidad de Almacenamiento Hídrico en el Páramo de Sumapaz – Colombia. 2006
- [143] orgánicas Hofstede, (1997). Hofstede, R. 1997. La importancia hídrica del páramo y aspectos de su manejo, [www.condesan.org/eforos/cdpp/cdpp31.htm](http://www.condesan.org/eforos/cdpp/cdpp31.htm); consulta: diciembre 2012.
- [144] Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 67(1): 7189-7200. 2014, Efecto del Uso del Suelo en la Capacidad de Almacenamiento Hídrico en el Páramo de Sumapaz - Colombia Effect of Land Use on Water Holding Capacity in the Sumapaz Paramo- Colombia Martha Constanza Daza Torres<sup>1</sup>; Fanny Hernández Florez<sup>2</sup> y Flor Alba Triana.
- [145] Ibañez, Juan Jose (2006). Un universo invisible bajo nuestros pies. Los suelos y la vida. Consultado en Internet.  
<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/07/05/33887>
- [146] HYDROLOGICAL PROCESSES SCIENTIFIC BRIEFING Hydrol. Process. 18, 3447–3460 (2004) Published online in Wiley InterScience ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)). DOI: 10.1002/hyp.5740 Robert E. Horton's perceptual model of infiltration processes pagina 3449.
- [147] Terefe (2008). Innovative Food Processing Technologies: Extraction, Separation, Component modification and process intensification.  
<https://books.google.com.co/books?id=aO8QCgAAQBAJ&pg=PA217&lpg=PA217&dq=Terefe+et+al+2008&source=bl&ots=IIvzNbKsK0&sig=w8pA1A5mKcoVgBtgDPgMJjBD6X4&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwj5->

6jsmtHRAhXH6yYKHbjmBmYQ6AEIIDAB#v=onepage&q=Terefe%20et%20al%202008&f=false

[148] Sertsu, S.M. and P.A. Sánchez, (1978). Effects of hearting on some change in soil properties in relation to an Ethiopian land management practice. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42: 940-944.

[149] Doer et al 2000; pagina 26 Horne y McIntosh 2000. *Departamento de cristalografía, minerología y química agrícola. Tesis doctoral .Efectos a corto y largo plazo del fuego sobre algunas propiedades del suelo. Incendios naturales e incendios experimentales bajo condiciones de campo y laboratorio. Arturo j. Pascual Granged. Universidad de Sevilla*

[150] Scott 2000 pagina 26 *Departamento de cristalografía, minerología y química agrícola. Tesis doctoral .Efectos a corto y largo plazo del fuego sobre algunas propiedades del suelo. Incendios naturales e incendios experimentales bajo condiciones de campo y laboratorio. Arturo j. Pascual Granged. Universidad de Sevilla.*

[151] Arocena y opio citados 2003 citados por *Departamento de cristalografía, minerología y química agrícola. Tesis doctoral .Efectos a corto y largo plazo del fuego sobre algunas propiedades del suelo. Incendios naturales e incendios experimentales bajo condiciones de campo y laboratorio. Arturo j. Pascual Granged. Universidad de Sevilla.*

[152] Ubeda (2005) citados por *Departamento de cristalografía, minerología y química agrícola. Tesis doctoral .Efectos a corto y largo plazo del fuego sobre algunas propiedades del suelo. Incendios naturales e incendios experimentales bajo condiciones de campo y laboratorio. Arturo j. Pascual Granged. Universidad de Sevilla.*

[153] Well 1979 citado por *Departamento de cristalografía, minerología y química agrícola. Tesis doctoral .Efectos a corto y largo plazo del fuego sobre algunas propiedades del suelo. Incendios naturales e incendios experimentales bajo condiciones de campo y laboratorio. Arturo j. Pascual Granged. Universidad de Sevilla.*

[154] Mataix-solera 1999. Citado por *Departamento de cristalografía, minerología y química agrícola. Tesis doctoral .Efectos a corto y largo plazo del fuego sobre algunas propiedades del suelo. Incendios naturales e incendios experimentales bajo condiciones de campo y laboratorio. Arturo j. Pascual Granged. Universidad de Sevilla.*

[155] Efecto del Uso del Suelo en la Capacidad de Almacenamiento Hídrico en el Páramo de Sumapaz – Colombia Effect of Land Use on Water Holding Capacity in the Sumapaz Paramo- Colombia Martha Constanza Daza Torres<sup>1</sup>; Fanny Hernández Florez<sup>2</sup> y Flor Alba Triana<sup>3</sup>

- [156] Contenido en carbono orgánico como indicador del proceso de desertificación en suelos desarrollados de material parental volcánico en la Región de Murcia S. Martínez-Martínez, A. Faz Cano, J.A. Acosta Avilés Grupo de investigación: Gestión, Aprovechamiento y Recuperación de suelos y aguas. Departamento de Ciencia y Tecnología Agraria. Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XII, 52, 30203 Cartagena, Murcia (España).
- [157] Según Mataix-solera 1999. Citado por *Departamento de cristalografía, minerología y química agrícola. Tesis doctoral .Efectos a corto y largo plazo del fuego sobre algunas propiedades del suelo. Incendios naturales e incendios experimentales bajo condiciones de campo y laboratorio. Arturo j. Pascual Granged. Universidad de Sevilla*
- [158] *Departamento de cristalografía, minerología y química agrícola. Tesis doctoral .Efectos a corto y largo plazo del fuego sobre algunas propiedades del suelo. Incendios naturales e incendios experimentales bajo condiciones de campo y laboratorio. Arturo j. Pascual Granged. Universidad de Sevilla.*
- [159] TEMPERATURAS DE QUEMA Y PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE SUELOS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA CENTRAL, ESTELA HEPPEL1; ANA URIOSTE1; VALERIA BELMONTE1 & DANIEL BUSCHIAZZO1,2,3 Fac.de Agronomía, UNLPam, CC 300, 6300 Santa Rosa, 2 INTA Anguil; 3 CONICET
- [160] TEMPERATURAS DE QUEMA Y PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE SUELOS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA CENTRAL, ESTELA HEPPEL1; ANA URIOSTE1; VALERIA BELMONTE1 & DANIEL BUSCHIAZZO1,2,3 Fac.de Agronomía, UNLPam, CC 300, 6300 Santa Rosa, 2 INTA Anguil; 3 CONICET E-mail: hepper@agro.unlpam.edu.ar .
- [161] TEMPERATURAS DE QUEMA Y PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE SUELOS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA CENTRAL, ESTELA HEPPEL1; ANA URIOSTE1; VALERIA BELMONTE1 & DANIEL BUSCHIAZZO1,2,3 Fac.de Agronomía, UNLPam, CC 300, 6300 Santa Rosa, 2 INTA Anguil; 3 CONICET E-mail: hepper@agro.unlpam.edu.ar
- [162] TEMPERATURAS DE QUEMA Y PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE SUELOS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA CENTRAL, ESTELA HEPPEL1; ANA URIOSTE1; VALERIA BELMONTE1 & DANIEL BUSCHIAZZO1,2,3 Fac.de Agronomía, UNLPam, CC 300, 6300 Santa Rosa, 2 INTA Anguil; 3.
- [163] Mora, J. 2006. La actividad microbiana: un indicador integral de la calidad del suelo. [http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/9cc8db94Revista5\\_6\\_9consulta](http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/9cc8db94Revista5_6_9consulta) del 11/10/2012

- [164] Lal, R. 2005. Los suelos y el cambio climático. Protección del suelo y del desarrollo sostenible. Instituto Geológico Minero de España. Serie: Medio Ambiente 6: 163-177
- [165] Schlesinger, W. and J. Andrews 2000. Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochem.* 48 ;7-20
- [166] Muona y Rutanen, 1994; Armúa et al., 2004; Dress y Boerner, 2004; Prieto y Ves Losada, 2007; Bliss et al., 2012; Reyes et al., 2012; Jiménez-Gutiérrez, 2013; entre otros) Lussenhop, J. 1976. Soil arthropod response to prairie burning. *Ecology* 57:88-98.
- [167] Muona, J. y I. Rutanen. 1994. The short-term impact of fire on the beetle fauna in boreal coniferous forest. *Annales Zoologica Fennici* 31:109-121.
- [168] Armúa, A. C., A. C. Bernardis, S. M. Mazza y M. C. Goldfarb. 2004. Efecto del fuego sobre la fauna de invertebrados de un pastizal al Noreste de Corrientes. *Agrotecnia* 13:3-7.
- Dress, W. J. y R. E. Boerner. 2004. Patterns of microarthropod abundance in oak-hickory forest ecosystems in relation to prescribed fire and landscape position. *Pedobiologia* 48:1-8.
- [169] Dress, W. J. y R. E. Boerner. 2004. Patterns of microarthropod abundance in oak-hickory forest ecosystems in relation to prescribed fire and landscape position. *Pedobiologia* 48:1-8.
- [170] Prieto, S. E. y Ves Losada, J. C. 2007. Efecto del fuego sobre la fauna edáfica en un área del Caldenal de la provincia de La Pampa, Argentina. *Publicación Técnica Núm. 68.* Estación Experimental Agropecuaria, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Anguil. 26 p.
- [171] Bliss, G., L. Marz y S. Steenhoeck. 2012. Forest fire has no significant effect on abundance or diversity of edaphic arthropods at CERA. *Tillers* 1:25-29.
- [172] Jiménez-Gutiérrez, V. 2013. Efecto de los incendios forestales sobre la composición de coleópteros necrófagos (Insecta: Scarabaeidae y Silphidae) en la sierra de Manantlán,

Jalisco, México. Tesis, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Autlán de Navarro, Jalisco. 112 p.

[173] Reyes, U. J. S., S. N. Maldonado, E. I. D. L. González, I. Rubí, R. De León, L. H. Hernández y K. Y. B Adrián. 2012. Efecto del disturbio en la vegetación sobre la composición de Coleoptera en un fragmento de matorral de Victoria, Tamaulipas, México. *Dugesiana* 19:49-56.

[174] (Hansen, 1986; Anderson et al., 1989; Siemann et al., 1997). Hansen, J. D. 1986 Comparison of insects from burned and unburned areas after a range fire. *Great Basin Naturalist* 46:721-727.

[175] Anderson, R. C., T. Leahy y S. Dhillion. 1989. Numbers and biomass of selected insect groups on burned and unburned sand prairie. *American Midland Naturalist* 122:151-162.

[176] Siemann, E., J. Haastard y D. Tilman. 1997. Short term and long term effects of burning on oak savanna arthropods. *American Midland Naturalist* 137:349-361.

[177] Rivera-Cervantes y García-Real (1998) Rivera-Cervantes, L. E. y E. García-Real. 1998. Análisis preliminar sobre la composición de escarabajos necrófilos (Coleoptera: Silphidae y Scarabaeidae) presentes en 2 bosques de pino (uno dañado por fuego), en la Estación Científica Las Joyas, sierra de Manantlán, Jalisco, México. *Dugesiana* 5:11-22.

[178] García-Real, E. 1995. Abundancia, distribución y estructura de la comunidad de escarabajos coprófagos y necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae), en un gradiente altitudinal de la sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México. Tesis de maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Texcoco, Estado de México. 129 p.

[179] (May, 1988; Erwin, 1991). Erwin, T. L. 1991. How many species are there—revisited. *Conservation Biology* 5:330–333

[179] (Juillet, 1963; Hosking, 1979; Basset, 1988; Basset y Arthington, 1992; Hill y Cermak, 1997; McWilliam y Death, 1998; Leksono et al., 2005).

[180] Juillet, J. A. 1963. A comparison of four types of traps used for capturing flying insects. *Canadian Journal of Zoology* 41:219–223.

- [181] Hosking, G. P. 1979. Trap comparison in the capture of flying Coleoptera. *New Zealand Entomologist* 7:87–92.
- [182] Basset, Y. y A. H. Arthington. 1992. The arthropod community of an Australian rainforest tree: abundance of component taxa, species richness and guild structure. *Australian Journal of Ecology* 17: 89–98.
- [183] Hill, C. J. y M. Cermak. 1997. A new design and some preliminary results for a flight intercept trap to sample forest canopy arthropods. *Australian Journal of Entomology* 36:51–55.
- [184] McWilliam, H. A. y R. G. Death. 1998. Arboreal arthropod communities of remnant podocarp–hardwood rainforest in North Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology* 25:157–169.
- [185] Leksono, A., N. Nakagoshi e Y. Isagi. 2005. The effects of forest disturbances on flying insect assemblages in Trawas, east Java. *Tropics* 14:335–343.
- [186] Colombia (Banco de la República 2015). Subgerencia Cultural del Banco de la República. (2015) Fondo abiertos de autores colombianos - León de Greiff (1895 – 1976). Recuperado de <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/fondos-abierto/autores/leon-de-greiff>. Guía preliminar de insectos de Santafé de Bogotá y sus alrededores M. Gonzalo Andrade, Germán Amat, Juan Manuel Renjifo.
- [187] (White, 1983; Solís, 2002). White, R. E. 1983. A field guide to the beetles of North America. Houghton Mifflin, New York. 368.  
<http://ee.oxfordjournals.org/content/45/6/1333>

- [188] ). Solís, A. 2002. Escarabajos de Costa Rica: las familias y subfamilias más comunes, segunda edición. Instituto Nacional de Biodiversidad, San José [Costa Rica]. 132 p.
- [189] Habeck, D. 2002. Nitidulidae Latreille 1802. *In* American beetles. Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea, vol. 2, R. H. Arnett, M. C. Thomas, P. E. Skelley y J. H. Frank. (eds.), CRC, Boca Raton, Florida. p. 311–315.
- [190] Luna, I., A. Velázquez y E. Velázquez. 2001. México. *In* Bosques nublados del Neotrópico, M. Kappelle y A. Brown. (eds.). Instituto Nacional de Biodiversidad, San José [Costa Rica]. p. 183–229.
- [191] Márquez, J. 1994. Coleopterofauna asociada a detritos de *Atta mexicana* (F. Smith) (Hymenoptera: Formicidae) en dos localidades del norte de Morelos, México. Tesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 134 p.
- [192] Márquez, J. 1998. Staphylinidae (Insecta: Coleoptera) necrófilos del municipio de Tlayacapan, Morelos. Tesis maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 166 p.
- [193] Pérez, A. 1996. Coleopterofauna procedente del follaje de una selva baja caducifolia en la región de Chamela, Jalisco. Tesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 72 p
- [194] Luna, I., A. Velázquez y E. Velázquez. 2001. México. *In* Bosques nublados del Neotrópico, M. Kappelle y A. Brown. (eds.). Instituto Nacional de Biodiversidad, San José [Costa Rica]. p. 183–229.
- [195] Metz, L. y D. Dindal. 1980. Effects of fire on soil fauna in North America. *In* Soil biology as related to land use practices. D. L. Dindal (ed.). Office of pesticide and Toxic Substance, EPA, Washington, D. C. p. 450-459
- [196] Jiménez-Gutiérrez, V. 2013. Efecto de los incendios forestales sobre la composición de coleópteros necrófagos (Insecta: Scarabaeidae y Silphidae) en la sierra de Manantlán, Jalisco, México. Tesis, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Autlán de Navarro, Jalisco. 112 p.

[197] (Louzada et al., 2010) De Andrade, R. B., J. Barlow, J. Louzada, F. Z. Vaz-de-Mello, M. Souza, J. M. Silveira y M. A. Cochrane. 2011. Quantifying responses of dung beetles to fire disturbance in tropical forests: the importance of trapping method and seasonality. *PloS one* 6:26208.

[198] Bodí, M. B., A. Cerdà, J. Mataix-Solera y S. H. Doerr. 2012. Efectos de los incendios forestales en la vegetación y el suelo en la cuenca mediterránea: revisión bibliográfica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 58:33-56.

[199] (Morón y Terrón, 1984; García-Real 1991, 1995; Martín-Piera y Lobo, 1993; Halfpter et al., 1995; Rivera-Cervantes y García-Real, 1998; Arellano y Halfpter, 2003; Arriaga et al., 2012)

[200] Morón, M. A. y R. A. Terrón. 1984. Distribución altitudinal y estacional de los insectos necrófi los en la sierra Norte de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) 3:1-47

[201] Rivera-Cervantes, L. E. y E. García-Real. 1998. Análisis preliminar sobre la composición de escarabajos necrófilos (Coleoptera: Silphidae y Scarabaeidae) presentes en 2 bosques de pino (uno dañado por fuego), en la Estación Científica Las Joyas, sierra de Manantlán, Jalisco, México. *Dugesiana* 5:11-22.

[202] Martín-Piera, F. y J. M. Lobo. 1993. Altitudinal distribution patterns of copro-necrophage Scarabaeoidea (Coleoptera) in Veracruz, Mexico. *The Coleopterist Bulletin* 47:321-334.

[203] García-Real, E. 1995. Abundancia, distribución y estructura de la comunidad de escarabajos coprófagos y necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae), en un gradiente altitudinal de la sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México. Tesis de maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Texcoco, Estado de México. 129 p.

- [204] Halffter, G., M. E. Favila y L. Arellano. 1995. Spatial distribution of three groups of Coleoptera along an altitudinal transect in the Mexican Transition Zone and its biogeographical implications. *Elytron* 9:151-185.
- [205] Arellano, L. y G. Halffter. 2003. Gamma diversity: derived from and determinant of alpha diversity and beta diversity, an analysis of three tropical landscape. *Acta Zoológica mexicana (nueva serie.)* p. 27-76.
- [206] Arriaga, A., G. Halffter y C. Moreno. 2012. Afinidades biogeográficas y riqueza de especies de escarabajos copronecrófagos (Scarabaeoidea) en el sureste del Altiplano Mexicano. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:519-529.
- [207] Hansen, J. D. 1986 Comparison of insects from burned and unburned areas after a range fire. *Great Basin Naturalist* 46:721-727.
- [208] Anderson, R. C., T. Leahy y S. Dhillion. 1989. Numbers and biomass of selected insect groups on burned and unburned sand prairie. *American Midland Naturalist* 122:151-162.
- [209] Siemann, E., J. Haastard y D. Tilman. 1997. Short term and long term effects of burning on oak savanna arthropods. *American Midland Naturalist* 137:349-361.

### **LIBROS INVESTIGADOS: PARA EL DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA Y TRABAJO DE CAMPO**

- Hammer, Ø, Harper, D.A., Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontología Electrónica*. 4 (1): 1-9.
- StatPoints Technologies Inc. (1982-2010). Statgraphics centurión XVI versión 16.1.11. Disponible en <http://www.statgraphics.com/>.
- Sokal, R. & Rohlf, J. (1995). *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. 3rd Ed. W. H. New York: Freeman and Company. 850 p.
- Statsoft, I. (2007). *STATISTICA (data analysis software system)*. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)

Blake, GR & KH Hartge. (1986). Bulk Density. *In: A Klute (ed)*. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Pp. 363-375. Am. Soc. Agron. and Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA.

Thompson L, Troeh F. Los suelos y su fertilidad 2002. Editorial Reverte S.A.