

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERA AMBIENTAL**

TEMA:

**INFLUENCIA DEL CALENTAMIENTO DE DOS TIPOS DE SUELO EN
QUEMAS EXPERIMENTALES REALIZADAS EN LABORATORIO
SIMULANDO INCENDIOS FORESTALES, SOBRE GRUPOS
BACTERIANOS EDÁFICOS**

**AUTORA:
SILVANA LIZETH FOGACHO CHAMORRO**

**TUTOR:
CARLOS ANDRÉS ULLOA VACA**

Quito, marzo del 2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, SILVANA LIZETH FOGACHO CHAMORRO con documento de identificación N° 1719681304, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación intitulado: “INFLUENCIA DEL CALENTAMIENTO DE DOS TIPOS DE SUELO EN QUEMAS EXPERIMENTALES REALIZADAS EN LABORATORIO SIMULANDO INCENDIOS FORESTALES, SOBRE GRUPOS BACTERIANOS EDÁFICOS”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

.....
SILVANA LIZETH FOGACHO CHAMORRO

C.I. 1719681304

Quito, marzo del 2017

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, “INFLUENCIA DEL CALENTAMIENTO DE DOS TIPOS DE SUELO EN QUEMAS EXPERIMENTALES REALIZADAS EN LABORATORIO SIMULANDO INCENDIOS FORESTALES, SOBRE GRUPOS BACTERIANOS EDÁFICOS”, realizado por la estudiante SILVANA LIZETH FOGACHO CHAMORRO, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, marzo del 2017

.....

CARLOS ANDRÉS ULLOA VACA

CI. 1716457971

DEDICATORIA

A Dios por concederme la bendición de culminar una de mis metas por darme la sabiduría, paciencia y fuerza para seguir adelante.

A mi padre José Luis Fogacho mi más grande ejemplo de vida perseverancia y lucha para hacer realidad sueños y metas, a mi madre amada María Judith Chamorro Calderón quien en vida fue mi soporte, mi guía para ser una mejor persona cada día y aún sigue siendo mi ángel que siempre me motivó a levantarme y continuar con una frase muy inteligente que decía: “Nunca digas no puedo, porque el querer es poder”, a mi hermano Henry Santiago Fogacho Chamorro que me ha dado muchas lecciones de vida.

AGRADECIMIENTO

Este proyecto de titulación tiene un significado innumerable, pues es el fruto de toda mi experiencia universitaria y de no haber sido por personas que estuvieron en mi vida no hubiese sido posible este gran logro que hoy lo culmino.

Principalmente quiero agradecer a Dios, porque sin él ninguno de estos logros hubiese sido posible, por permitirme haber llegado hasta aquí y poder culminar una meta más en mi vida.

A mis familiares que siempre estuvieron para brindarme su apoyo, a los profesores que gracias a sus consejos como amigos y como profesionales han dejado huellas imborrables en mi corazón, a mis amigos y compañeros que han estado siempre con palabras de apoyo, a quienes conforman la prestigiosa Universidad Politécnica Salesiana.

Y finalmente quiero agradecer a una persona muy especial que hizo posible este gran sueño, con su conocimiento, paciencia y confianza, a mi tutor el Bioquímico Carlos Andrés Ulloa Vaca, por el apoyo incondicional que me brindo en la consecución para realizar este proyecto.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	4
3. MARCO TEORICO	5
3.1. Definiciones generales	5
3.1.1. Suelo.....	5
3.1.2. Fuego.....	5
3.1.3. Incendio.....	6
3.1.4. Fases.....	7
3.2. Clasificación de los Incendios Forestales.....	7
3.2.2. Por su origen	7
3.2.3. Por su área de influencia	8
3.2.4. Por su incidencia en el suelo	8
3.3. La Microbiología.....	9
3.3.2. Grupos bacterianos edáficos	9
3.3.3. Características de los microorganismos	9
3.4. Quema de suelo	12
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
4.1. Materiales	13
4.1.2. Muestreo.....	13
4.1.3. Laboratorio.....	13
4.2. Metodología.....	15
4.2.2. Muestreo.....	15
4.2.3. Método para realizar el muestreo.....	15
4.2.4. Método para tratamiento térmico sobre muestras de suelo.....	16
4.2.5. Determinación de textura	19
4.2.6. Determinación de Humedad.....	20
4.2.7. Determinación de pH	22
4.2.8. Determinación de Materia Orgánica	22
4.2.9. Método Recuento en placa a profundidad en medios selectivos.....	25
4.2.10. Determinación de grupo bacteriano edáfico	26
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30

5.1.	Tratamiento térmico	30
5.2.	Textura del suelo	32
5.3.	Humedad	35
5.4.	pH	39
5.5.	Materia Orgánica	41
5.6.	Recuento de Bacterias	46
5.7.	Recuento de Actinomicetos	51
5.8.	Recuento de Nitrobacter	55
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
6.1.	Conclusiones	60
6.2.	Recomendaciones	61
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
8.	ANEXOS	66

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. puntos de muestreo en el parque metropolitano guanguiltagua de quito. ...	16
Figura 2. Puntos de muestreo en el páramo antisana.	16
Figura 3. Procedimiento para el tratamiento térmico en muestras de suelo.....	18
Figura 4. Procedimiento para determinar textura del suelo.	20
Figura 5. Procedimiento para determinar humedad del suelo.....	21
Figura 6. Procedimiento para determinar ph.....	22
Figura 7. Procedimiento para determinar materia orgánica.	25
Figura 8. Dilución seriada.	26
Figura 9. Procedimiento para determinar grupos bacterianos edáficos.	28
Figura 10. relación entre la intensidad de quema y la temperatura.....	30
Figura 11. Relación entre la intensidad de quema y la temperatura	31
Figura 12. Triangulo de porcentajes para determinar la textura del suelo.	33
Figura 13. Triangulo de porcentajes para determinar la textura del suelo.	34
Figura 14. Correlación lineal entre la intensidad de quema y la humedad.	37
Figura 15. Correlación lineal entre la intensidad de quema y la humedad.	38
Figura 16. Correlación lineal entre la intensidad de quema y el ph.	40
Figura 17. Correlación lineal entre la intensidad de quema y el ph.	41
Figura 18. Análisis de las muestras de suelo y sus repeticiones.	42
Figura 19. Análisis de las muestras de suelo y sus repeticiones.	44
Figura 20. Correlación lineal entre la intensidad de quema y la temperatura.....	45
Figura 21. Correlación lineal entre la intensidad de quema y la temperatura.....	46
Figura 22. Correlación lineal entre la intensidad de quema y bacterias ufc/gramo ...	49
Figura 23. Correlación lineal entre la intensidad de quema y bacterias ufc/gramo ...	50
Figura 24. Correlación lineal entre la intensidad de quema y recuento de actinomicetos.....	53
Figura 25. Correlación lineal entre la intensidad de quema y recuento de actinomicetos.....	54
Figura 26. Correlación lineal entre la intensidad de quema y recuento nitrobacter...	57
Figura 27. Correlación lineal entre la intensidad de quema y recuento de nitrobacter	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales y equipos	13
Tabla 2. Materiales, equipos y reactivos usados en laboratorio.....	14
Tabla 3. Revisión bibliográfica de los dos lugares de estudio.	15
Tabla 4. Variación del tratamiento térmico en relación a la severidad baja, media y alta.....	30
Tabla 5. Textura obtenida de las muestras de suelo. (páramo antisana y parque metropolitano).	32
Tabla 6. Valores de humedad del suelo sin quema. (páramo antisana y parque metropolitano).	35
Tabla 7. Valores de humedad en muestras de suelo (páramo antisana y parque metropolitano).	36
Tabla 8. pH de muestras de suelo (páramo antisana y parque metropolitano).	39
Tabla 9. Repeticiones del análisis de materia orgánica del suelo páramo antisana. ..	42
Tabla 10. Repeticiones del análisis de materia orgánica del suelo parque metropolitano.	43
Tabla 11. Materia orgánica de muestras de suelo (páramo antisana y parque metropolitano).	44
Tabla 12. Recuento de bacterias en muestras de suelo. (paramo antisana y parque metropolitano).	47
Tabla 13. Estadística descriptiva recuento de bacterias páramo antisana.....	47
Tabla 14. Coeficiente de correlación lineal páramo antisana.	48
Tabla 15. Coeficiente de correlación lineal recuento de bacterias parque metropolitano.	50
Tabla 16. Recuento de actinomicetos en muestras de suelo. (páramo antisana y parque metropolitano).	51
Tabla 17. Coeficiente de correlación recuento de actinomicetos páramo antisana....	52
Tabla 18. Coeficiente de correlación lineal recuento de actinomicetos parque metropolitano.	54
Tabla 19. Recuento de nitrobacter en muestras de suelo. (páramo antisana y parque metropolitano).	55
Tabla 20. Coeficiente de correlación lineal recuento de nitrobacter páramo antisana.	56
Tabla 21. Estadística descriptiva recuento de nitrobacter parque metropolitano.....	57

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Fotografía lugares de estudio.....	66
Anexo 2. Fotografía toma de muestras de suelo.	66
Anexo 3. Fotografía materiales de muestreo.....	66
Anexo 4. Tabla de tratamiento térmico del suelo en el horno a severidad baja.....	67
Anexo 5. Tabla de tratamiento térmico del suelo en el horno a severidad media.....	67
Anexo 6. Tabla de tratamiento térmico del suelo en el horno a severidad alta.....	67
Anexo 7. Tabla de tratamiento térmico del suelo en el horno a severidad baja.....	68
Anexo 8. Tabla de tratamiento térmico del suelo en el horno a severidad media.....	68
Anexo 9. Tabla de tratamiento térmico del suelo en el horno a severidad alta.....	68
Anexo 10. Gráfica del tiempo que se sometió al fuego las muestras de suelo	69
Anexo 11. Fotografía de tratamiento térmico en las muestras de suelo.....	69
Anexo 12. Fotografía de suelos antes y después del tratamiento térmico.	69
Anexo 13. Fotografía de la clasificación de las muestras después de tamizado el suelo. Parque metropolitano de quito y páramo antisana.....	70
Anexo 14. Programa utilizado para determinar el tipo de suelo según los porcentajes obtenidos en el tamizado.	70
Anexo 15. Tabla de textura del suelo páramo antisana sin tratamiento térmico.....	71
Anexo 16. Triangulo de ubicación de textura según los porcentajes obtenidos	71
Anexo 17. Tabla de textura del suelo páramo antisana con tratamiento térmico.	72
Anexo 18. Triangulo de ubicación de textura según los porcentajes obtenidos	72
Anexo 19. Tabla de textura del suelo parque metropolitano sin tratamiento térmico.	73
Anexo 20. Triangulo de ubicación de textura según los porcentajes obtenidos	73
Anexo 21. Tabla de textura del suelo parque metropolitano con tratamiento térmico.	74
Anexo 22. Triangulo de ubicación de textura según los porcentajes obtenidos	74
Anexo 23. Medio de cultivo para nitrobacter.....	75
Anexo 24. Fotografía de la preparación de muestras de suelo para los análisis microbiológicos.....	75
Anexo 25. Fotografía de la preparación de muestras de suelos diluidas.	75
Anexo 26. Fotografía del recuento bacteriano de las muestras de suelo sin tratamiento térmico. Parque metropolitano.....	76
Anexo 27. Fotografía del recuento bacteriano de las muestras de suelo sin tratamiento térmico. Páramo antisana.	76
Anexo 28. Fotografía del recuento bacteriano de las muestras de suelos con tratamiento térmico severidad alta.	76
Anexo 29. Fotografía del recuento bacteriano de las muestras de suelos con tratamiento térmico severidad media.	77
Anexo 30. Fotografía del recuento en placa a profundidad de las muestras de suelos con tratamiento térmico severidad baja.....	77
Anexo 31. Fotografía del recuento de actinomicetos en las muestras de suelos con tratamiento térmico severidad alta.	77

RESUMEN

El presente trabajo investigativo tuvo como finalidad realizar la simulación en laboratorio de incendios forestales suscitados en el Páramo Antisana y Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito. De dos lugares de estudio se tomaron muestras testigos y muestras sometidas a un tratamiento térmico, para determinar los grupos bacterianos edáficos que sean resistentes a las diferentes temperaturas: severidad baja que oscilan entre 100 a 200°C, severidad media de 200 a 400 °C y severidad alta de 400 a 700 °C. La metodología empleada se basó en la recolección de las muestras de dos tipos de suelo, los análisis físicos: textura y humedad, los análisis químicos: pH y cuantificación de materia orgánica y para determinar el porcentaje de bacterias edáficas resistentes al incremento de temperatura en las muestras de suelo obtenidas, se realizó el recuento a profundidad en placa, en la que se realizó un conteo de las colonias de los microorganismos que se desarrollan una vez inoculados en el medio de cultivo adecuado. La herramienta estadística que se empleó es el SPSS para observar si el grupo bacteriano edáfico (variable dependiente) es afectado por los diferentes rangos de temperatura en la simulación de incendios forestales realizados en laboratorio y así determinar la afectación que tiene el suelo a los diferentes cambios de temperatura que se suscitan en un incendio forestal.

Palabras claves:

Incendios forestales, grupos bacterianos edáficos, rangos de temperatura, Páramo Antisana, Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito.

ABSTRACT

The present research work had the purpose of performing the simulation in the laboratory of forest fires raised in the Antisana High land and in the Guanguiltagua Metropolitan Park of Quito. From the two study sites, standard samples were taken and samples subjected to a heat treatment to determine the edaphic bacterial groups that are resistant to different temperatures: low severity ranging from 100 to 200 ° C, mean severity from 200 to 400 ° C and high severity from 400 to 700 ° C. The methodology used was based on the collection of the samples of two types of soil, the physical analyzes: texture and humidity, the chemical analyzes: pH and quantification of organic matter, and to determine the percentage of edaphic bacteria resistant to the increase of temperature in the obtained soil samples, a recount was made in depth plate, in which a count was made of the colonies of the microorganisms that develop once inoculated in the appropriate culture medium. The statistical tool that was used is the SPSS to observe if the edaphic bacterial group (dependent variable) is affected by the different temperature ranges in the simulation of forest fires performed in the laboratory and thus determine the effect that the soil has on the different changes of temperature that arise in a forest fire.

Keywords:

Forest fires, edaphic bacterial groups, temperature ranges, Antisana High land, Guanguiltagua Metropolitan Park of Quito.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, el planeta ha sufrido grandes cambios debido a catástrofes como inundaciones, deforestaciones, erupciones volcánicas, terremotos, movimientos telúricos, entre otras. Una de las catástrofes más graves y que tiene grandes repercusiones se da debido a los incendios forestales, ya sea de manera intencionada o no intencionada.

Actualmente la mayoría de incendios forestales han sido atribuidos como consecuencia del calentamiento global que se ha disparado en forma alarmante en el último siglo a lo largo del planeta, y nuestro país no es la excepción, es así por ejemplo que en comparación con el año 2015, la ciudad de Quito ha tenido menos incendios forestales en lo que va del año 2016. Según informes del Cuerpo de Bomberos de Quito, en este año se han consumido alrededor de 121 ha.(El Comercio, 2016).

El costo de un incendio de bosques es muy elevado, no sólo desde el punto de vista humano, cuando las llamas incontrolables eventualmente arrasan con vidas, viviendas, ganado y otras infraestructuras, sino para el ambiente. Hay especies que rebrotarán, pero nunca el sitio será como antes del fuego. El hombre ha modificado sustancialmente el equilibrio de la flora y fauna autóctonas, introduciendo especies foráneas que en ocasiones desplazan y sustituyen por su crecimiento más veloz a la primera. (Fontúrbel, Fernández, & Vega, 2016)

El proyecto está destinado a determinar el porcentaje de afectación de los dos tipos de suelo tanto del Parque Metropolitano de Quito así como del Páramo Antisana

generada por los incendios forestales simulados en laboratorio, mediante la sobrevivencia de bacterias edáficas a los diferentes rangos de temperatura (baja, mediana y alta).

La propuesta de este trabajo es mantener un historial que sirva de apoyo a estudios futuros para mejorar en parte o en su totalidad dichos sectores que han sido afectados por incendios ya que su regeneración es muy costosa o muy complicada utilizando como base la información de este proyecto del porcentaje de grupos bacterianos edáficos resistentes a las diferentes temperaturas.

La problemática del proyecto surge debido a que en nuestro país existen grandes extensiones de tierras que han sido afectadas por incendios forestales y no han podido ser recuperadas parcial o totalmente puesto que se desconoce el comportamiento del suelo frente al fuego.

El proyecto se desarrolló en la región sierra, en la provincia de Pichincha en el Cantón Distrito Metropolitano de Quito, ciudad Quito, Parroquia Chillogallo, sector Universidad Politécnica Salesiana.

La flora bacteriana edáfica que se obtuvo luego de ciertas pruebas de laboratorio que fueron realizadas con las muestras obtenidas de suelos de 2 lugares específicos: Páramo Antisana con una superficie de aproximadamente 120.000 hectáreas y una altura que va desde los 1200 a 5758 msnm. Su temperatura oscila entre los 3 y 17 °C y el Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito, que posee una superficie de 560 hectáreas y una altitud promedio de entre 2700 a 3000 msnm. En estas muestras de suelos se realizó simulaciones en laboratorio de incendios forestales a diferentes rangos de temperatura

(alta, mediana y baja) para la obtención de rangos de sobrevivencia de los grupos bacterianos edáficos (Porrero Rodríguez, 2001).

Las hipótesis que se plantean en el desarrollo de esta investigación son las siguientes:

- La hipótesis que se plantea en el desarrollo de este trabajo es que los grupos bacterianos edáficos se ven alterados o no por la influencia del calentamiento del suelo.
- La hipótesis nula es que los grupos bacterianos edáficos no se ven alterados por la influencia del calentamiento del suelo.
- La hipótesis alternativa es que los grupos bacterianos edáficos se ven alterados por la influencia del calentamiento del suelo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

- Determinar la influencia del calentamiento de dos tipos de suelos en quemas experimentales realizadas en laboratorio, simulando incendios forestales sobre grupos bacterianos edáficos.

2.2. Objetivos específicos:

- Desarrollar un análisis comparativo en función de los suelos no afectados por incendios (testigo) y los suelos quemados experimentales in vitro (suelo afectado).
- Determinar los cambios en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas, de los suelos quemados.
- Realizar el recuento en placa a profundidad en medios selectivos de los grupos bacterianos edáficos que logren adaptarse a los cambios en el incremento de temperaturas experimentadas en laboratorio.

3. MARCO TEORICO

3.1. Definiciones generales

3.1.1. Suelo

Según Francisco Vásquez y Tanya Carballas(1993) determinan que el suelo es un componente básico del ecosistema forestal, el cual es proclive a recibir los cambios que se producen por el calentamiento de sus propiedades físicas, químicas y biológicas; así como también surgen cambios indirectos como la erosión y estos pueden afectar la calidad y capacidad de carga del suelo para las futuras generaciones de especies(pág. 14).

“El suelo superficial (0-20cm) es el ambiente donde ocurren la mayoría de los procesos microbianos que influyen sobre la nutrición de los cultivos” (Córdoba, 2014).

Los diferentes componentes del suelo no forman una masa homogénea sino que están asociados a una estructura particular y la base de la estructura del suelo la constituyen los agregados (Arellano Díaz & Guzmán Pantoja, 2011).

“Un agregado es un conjunto de partículas minerales ligadas por compuestos orgánicos y organismos vivos”(Córdoba, 2014).

3.1.2. Fuego

El fuego en la actividad microbiana interviene directa o indirectamente a través de los nutrientes liberados o eliminados luego de un incendio forestal. De la misma manera la actividad enzimática de los microorganismos se ve afectada de manera negativa por la irradiación de calor(Fernández & Carballas, 1998).

3.1.3. Incendio

El incendio es la combustión no deseada de uno o varios materiales cuyo efecto es la destrucción parcial o total de la vegetación existente en la zona donde se suscita el mismo, además hay un proceso de erosión cuya intensidad depende de las condiciones atmosféricas previas y posteriores al incendio(Dirección General de Protección Civil y Emergencias, 2010).

“Los incendios forestales son fenómenos de carácter antrópico sumado a ciertos factores ambientales como sequías pueden desatar grandes catástrofes socio ambientales”(Yépez, 2013).

Según Alberto Yépez (2013) en su texto sostiene que los incendios forestales son fenómenos de carácter antrópico sumado a ciertos factores ambientales como sequías pueden desatar grandes catástrofes socio ambientales (pág. 27).

La Corporación Nacional Forestal (CONAF) de Chile(2016) manifiesta que el incendio forestal es un fuego que se propaga sin control en terrenos rurales, cualquiera sea su origen y con peligro o daño a las personas, la propiedad o el ambiente, a través de vegetación leñosa, arbustiva o herbácea, viva o muerta(Corporación Nacional Forestal, 2016).

Los incendios forestales son los principales agentes de destrucción masiva en el Ecuador y el mundo entero, contribuyendo al deterioro de los recursos naturales y posteriormente a grandes pérdidas socio económicas. En la mayoría de sistemas ecológicos tienen grandes impactos negativos como la emisión de GEI, erosión de suelos y pérdida de biomasa.

3.1.4. Fases

Los incendios pueden suscitarse en varias fases:

- Aumento de la temperatura, el combustible empieza a desprender partículas invisibles al ojo humano.
- Concentración de partículas ascendentes, que forman humos y vapores que son visibles.
- En presencia de la cantidad necesaria de oxígeno los vapores se transforman en llamas, con gran aumento de humo y desprendimiento de calor.

3.2. Clasificación de los Incendios Forestales

Según Marlene Porrero (2001) los incendios pueden clasificarse de acuerdo a varios parámetros como origen, intensidad, magnitud, entre otras, pero para efectos de este estudio se centrará en ciertas clases generales, entre estas tenemos:

3.2.2. Por su origen

Son de 2 tipos ya sean naturales (trópicos) o creados por el hombre (antropogénicos)

- a) Incendios naturales: generados de manera espontánea por la presencia de rayos del sol sobre una vegetación seca, así como también por presencia de erupciones volcánicas que pueden desencadenar en ciertos incendios.
- b) Incendios antrópicos:
 - Accidentales: se puede catalogarlos como incendios provocados por negligencia o accidentalmente.
 - Intencionados: provocados intencionalmente por pirómanos.

- Quemadas controladas: están ligada a prácticas de agricultura de roza y quema que sirve para eliminar restos de cosechas antiguas

3.2.3. Por su área de influencia

Esta clasificación se da de acuerdo al área que se ve afectada y pueden ser:

- c) Incendios forestales: cuando el área afectada es superior a 1 ha.
- d) Connato de incendio: el área afectada es menor a 0.5 ha

3.2.4. Por su incidencia en el suelo

- Incendios superficiales: afecta a los pastizales y especies arbustivas de forma total o parcial
- Incendios de copas: se da en presencia de fuertes vientos afectando a los árboles y las llamas cruzan por las ramas afectando a todo el bosque.

3.2.5. Según la intensidad del fuego

- a) Incendio de baja intensidad. Se caracteriza por la presencia de cenizas negras que son restos de vegetales chamuscados en el horizonte superficial del suelo y su temperatura puede variar entre 100 y 250°C, y a 1 – 2 cm de profundidad donde la temperatura es menor a 100°C.
- b) Incendio de intensidad media. Se caracteriza porque se genera una combustión parcial de materia orgánica, donde desaparecen la mayoría de los restos vegetales, su temperatura oscila entre 300 y 400°C en la superficie del suelo, a profundidad de 1 cm la temperatura oscila entre 200 y 300 °C. A profundidad de 3 cm la temperatura oscila entre 40 y 50°C y a profundidad de 5cm la temperatura oscila entre 40 y 50°C.

- c) Incendio de alta intensidad. Se caracteriza por la presencia de cenizas blancas en la superficie del suelo y alcanza temperaturas que oscilan entre 500 – 700°C. A profundidad de 2 cm la temperatura oscila entre 350 – 450°C ya profundidades de 3 a 5 cm la temperatura es de 100°C (Fernández, 2004).

3.3. La Microbiología

Según Prescott (2010) la microbiología es el estudio de organismos y agentes que son demasiado pequeños para observarlos por el ojo humano a simple vista, este es el estudio de los microorganismos.(pág. 2).

3.3.2. Grupos bacterianos edáficos

“Los microorganismos son importantes, ya que son responsables de la movilización de nutrientes del suelo en donde están involucrados ciertos grupos bacterianos claves en los ciclos del nitrógeno y el fósforo”(Córdoba, 2014).

Los microorganismos del suelo cumplen un papel fundamental tanto en la descomposición de la materia orgánica como en el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos, además de brindar ciertas características al suelo como agregados estables y un soporte para el crecimiento vegetal.

3.3.3. Características de los microorganismos

Según Teodoro Hernández, García y Reindhart (1997) en su publicación determina que los microorganismos son fundamentales para la reconstrucción de los suelos degradados, convirtiéndolos en suelos fértiles, debido a proceso degradativos de materia orgánica y asimilación de nutrientes para las plantas(págs. 109-116).

Según Prescott (2010) menciona que la mayoría de las bacterias del suelo se localizan en la superficie de las partículas del suelo y requieren agua y nutrientes. Las bacterias suelen encontrarse con frecuencia en superficies dentro de pequeños poros de granos de arena o de partículas de materia orgánica 2 a 6 μm de diámetro (pág. 722).

En la superficie del suelo la población bacteriana puede ser aproximadamente entre 10^8 y 10^9 células por gramo de peso seco valorado microscópicamente (Prescott, 2010, pág. 722).

Los microorganismos se distribuyen según las condiciones ambientales y la disponibilidad de alimento. En los primeros centímetros del suelo existe mayor cantidad de restos orgánicos y oxígeno, en donde se dispone la mayor cantidad de organismos con metabolismos aeróbicos (Córdoba, 2014). A mayor profundidad los microorganismos aeróbicos se localizan donde encuentran condiciones óptimas de humedad y aireación. El exceso de humedad satura los poros y se crean condiciones de falta de oxígeno.

En las capas más profundas del suelo superficial existe mayor cantidad de microorganismos tolerantes a la falta de oxígeno anaeróbicos que degradan compuestos derivados de la actividad de los microorganismos más superficiales (Córdoba, 2014).

Diego Sáenz (2006) menciona que “los efectos del fuego en la microbiota edáfica son variados, muy dependientes del tipo de fuego, de la intensidad, de las modificaciones generadas al suelo, de las condiciones ambientales posteriores y del

tipo de microorganismo presente en el suelo”(págs. 29,30). Sin embargo, generalmente, es afectada en forma negativa por las altas temperaturas durante un incendio. Por otra parte, algunos estudios no reportan ningún efecto en incendios de baja intensidad.

Los hongos parecen ser la población más afectada por el fuego probablemente por su mayor sensibilidad a la temperatura y pH altos; sin embargo, estos daños generalmente se producen en estructuras miceliales, ya que las estructuras de resistencia (propágulos, esporas) no se ven drásticamente afectados.

Las bacterias heterótrofas no parecen afectarse demasiado o probablemente sean mejores recolonizantes de suelos quemados. Los incrementos en el pH reportado en la literatura parecen favorecer estas poblaciones; sin embargo como este aumento suele ser superfluo, también lo es el incremento de la biomasa microbiana (Sáenz, 2006, págs. 29, 30).

La flora bacteriana edáfica se espera obtener luego de ciertas pruebas de laboratorio que serán realizadas con las muestras obtenidas de suelos de 2 lugares específicos como son el Páramo Antisana con una superficie de aproximadamente 120.000 hectáreas y una altura que va desde los 1.200 a 5.758. Su temperatura oscila entre los 3 y 17° centígrados y el Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito, que posee una superficie de 560 hectáreas y una altitud promedio de entre 2700 a 3000 msnm. Estas muestras de suelos serán manipuladas y se realizará simulaciones en laboratorio de incendios a diferentes rangos de temperatura (alta, mediana y baja)

para la obtención de rangos de sobrevivencia de los grupos bacterianos edáficos que serán de gran ayuda para la siguiente investigación.(Porrero-Rodríguez, 2001).

3.4. Quema de suelo

Hay que tener en cuenta que, en experimentos de corta duración, el tamaño, textura, forma y disposición de las muestras es determinante.

A determinadas temperaturas puede producirse la quema excesiva en superficie mientras que en el interior puede permanecer muy poco alterada. De hecho, la granulometría de la muestra es importante y pueden obtenerse resultados muy distintos dependiendo de si se extiende la muestra en una cápsula o se amontona en el fondo de un crisol (Mataix & Antonio, 2010, pág. 317).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

4.1.2. Muestreo

Una vez establecida la unidad de muestreo, se procedió a realizar la toma de las submuestras y para este procedimiento se utilizó los siguientes materiales indicados en la Tabla 1:

Tabla 1. Materiales y Equipos

MATERIALES	EQUIPOS
Pala	GPS
Fundas ziploc	
Guantes	
Marcador	
Balde	
Termo	
Fundas grandes	

Elaborado por: Lizeth Fogacho

4.1.3. Laboratorio

En la Tabla 2 se muestran los materiales, equipos y reactivos que fueron utilizados para el desarrollo del proyecto.

Tabla 2. Materiales, equipos y reactivos usados en laboratorio.

MATERIALES	EQUIPOS	REACTIVOS
Muestras de suelo	Potenciómetro	Solución amortiguadora de pH 7 y 4
Vasos de precipitación	Balanza analítica	Dicromato de Potasio (K ₂ Cr ₂ O ₇)
Mortero	Cámara fotográfica	Agua destilada
Probetas	Agitador magnético	Ácido sulfúrico concentrado (H ₂ SO ₄)
Cajas Petri	Autoclave	Ferroína (C ₁₆ H ₂₄ FeN ₆ O ₂)
Papel aluminio	Horno	Tripteina Soya Agar
Pipetas	Desecador	Nitrito de sodio (NaNO ₂)
Fundas ziploc	Bomba al vacío	
Espátula	Cámara de gases	
Pinzas	Agitador mecánico de tamices	
Guantes	Estufa de secado	
Vidrio reloj		
Embudo		
Matraz aforado		
Tubos de ensayo		
Brocha		
Papel filtro		
Fundas plásticas		
Set de Tamices		
Gotos		
Libreta de campo		
Bureta		

Elaborado por: Lizeth Fogacho

4.2. Metodología

4.2.2. Muestreo

Previo a la toma de muestras, se identificó las zonas de muestreo recorriendo la unidad establecida en zig zag a una distancia adecuada de 10m cuadrados, para lo cual se realizó previamente consultas digitales de la revisión bibliográfica de los dos lugares de estudio, como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Revisión bibliográfica de los dos lugares de estudio.

Lugar	Páramo Antisana	Parque Metropolitano de Quito
País	Ecuador	Ecuador
Provincia	Pichincha y Napo	Pichincha
Cantón	Distrito Metropolitano de Quito	Distrito Metropolitano de Quito
Coordenadas	Latitud: 0°30'23.307" S Longitud: 78°17'30.309" W	Latitud: 0°10'58.673" S Longitud: 78°28'08.475" W

Elaborado por: Lizeth Fogacho

4.2.3. Método para realizar el muestreo

Para realizar los análisis físicos, químicos y bacterianos de los dos tipos de suelo se despejó la superficie de suelo quitando los restos de vegetación y materiales que obstruyan el paso para extraer las muestras de suelo. Se toman las muestras con una profundidad de aproximadamente 20 cm. Esto es válido si en ese estrato se encuentra un solo horizonte, se tomó 10 submuestras, obteniendo 5 submuestras en el Páramo Antisana y 5 submuestras en el Parque Metropolitano de Quito para obtener valores promedio, se mezclaron de cada lugar para formar una sola muestra la que se analizara en el laboratorio, como se muestra en la Figura 1.

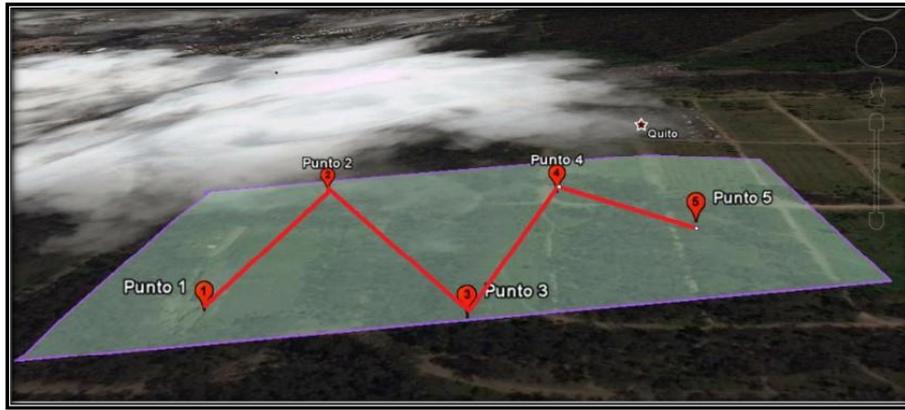


Figura 1. Puntos de muestreo en el Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito.
Elaborado por: Lizeth Fogacho

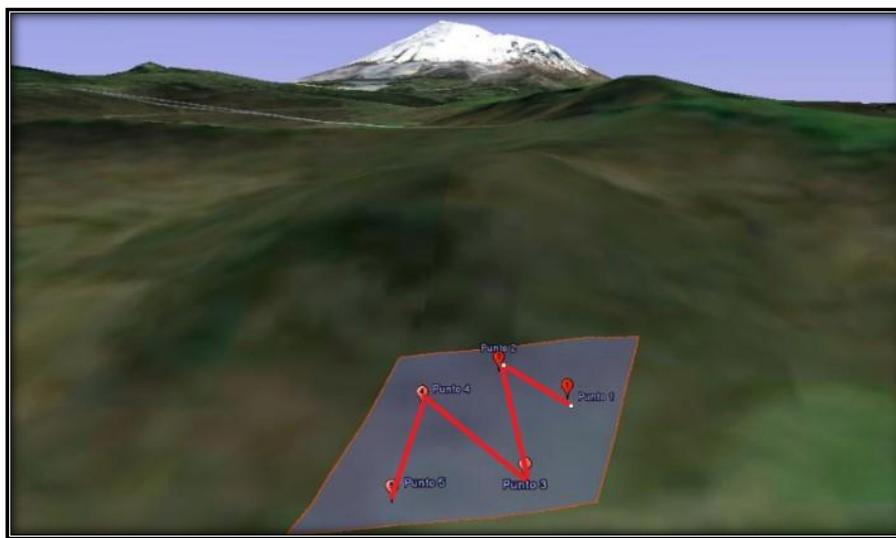


Figura 2. Puntos de muestreo en el Páramo Antisana.
Elaborado por: Lizeth Fogacho

Para evitar alteraciones en la comunidad bacteriana y en los parámetros físico químicos a realizar, se utilizó fundas ziploc identificadas con un código de muestra, lugar de muestreo, fecha y coordenadas. Las muestras que se realizan el conteo bacteriano se llevó inmediatamente a laboratorio en un termo previamente identificadas en las fundas ziploc para proseguir con los análisis y evitar pérdidas bacterianas.

4.2.4. Método para tratamiento térmico sobre muestras de suelo.

Para realizar el tratamiento térmico en las diferentes muestras y queriendo obtener los resultados en las diferentes severidades es decir baja, media y alta, se

utilizó un horno industrial con medidas internas de m de profundidad, m de altura y m de ancho, construido en efecto en el que se mantendrá a una temperatura constante de 1000 °C con el fin de representar un escenario lo más aproximado a la realidad de un incendio forestal.

En este experimento se sometió la muestra original a los efectos de una temperatura constante durante intervalos de tiempo crecientes en un horno eléctrico de mufla. Pueden emplearse intervalos sucesivos de 40 segundos, estos intervalos pueden elegirse de forma que resulten representativos de los distintos grados de transformación producidos por los incendios naturales.

Las muestras calentadas durante más tiempo simularían los incendios de alta intensidad, en que se producen pérdidas de microorganismos del suelo durante la combustión total del bosque cuyos restos permanecen ardiendo sobre el suelo.

En condiciones de laboratorio, las muestras se depositan en capsulas de diferente tamaño dependiendo el horno que se vaya a utilizar, en este caso son crisoles que contienen 50 g de suelo esto debido al tamaño del horno, se llena de suelo tamizado y se introducen en un horno precalentado a 1000 °C. El crisol es depositado sobre tres capsulas pequeñas invertidas que evita el contacto directo con el suelo y paredes incandescentes del horno, se cierra el horno y se espera el tiempo determinado para cada severidad térmica. Después se saca la muestra del horno y se introduce la termocupla en el centro del suelo dentro del crisol y se toma la temperatura.

En estas condiciones los experimentos resultan satisfactoriamente reproducibles con respecto a la pérdida de peso y las temperaturas finales alcanzadas a la salida del horno, que en estas condiciones nunca superaron los 700 °C de forma orientativa, las muestras calentadas en estas condiciones durante 40 segundos alcanzaron una temperatura promedio de 100 a 200 °C en el centro del crisol aproximadamente. Las muestras de suelo calentadas 160 segundos alcanzaron una temperatura entre 200 a 400 °C en el momento de extraerlas del horno aproximadamente y las muestras que fueron sometidas a 240 segundos alcanzaron una temperatura entre 400 a 700 °C aproximadamente en el momento de medición.

En la Figura 3 se muestra el procedimiento que se siguió en el laboratorio para la quema del suelo a las diferentes temperaturas.

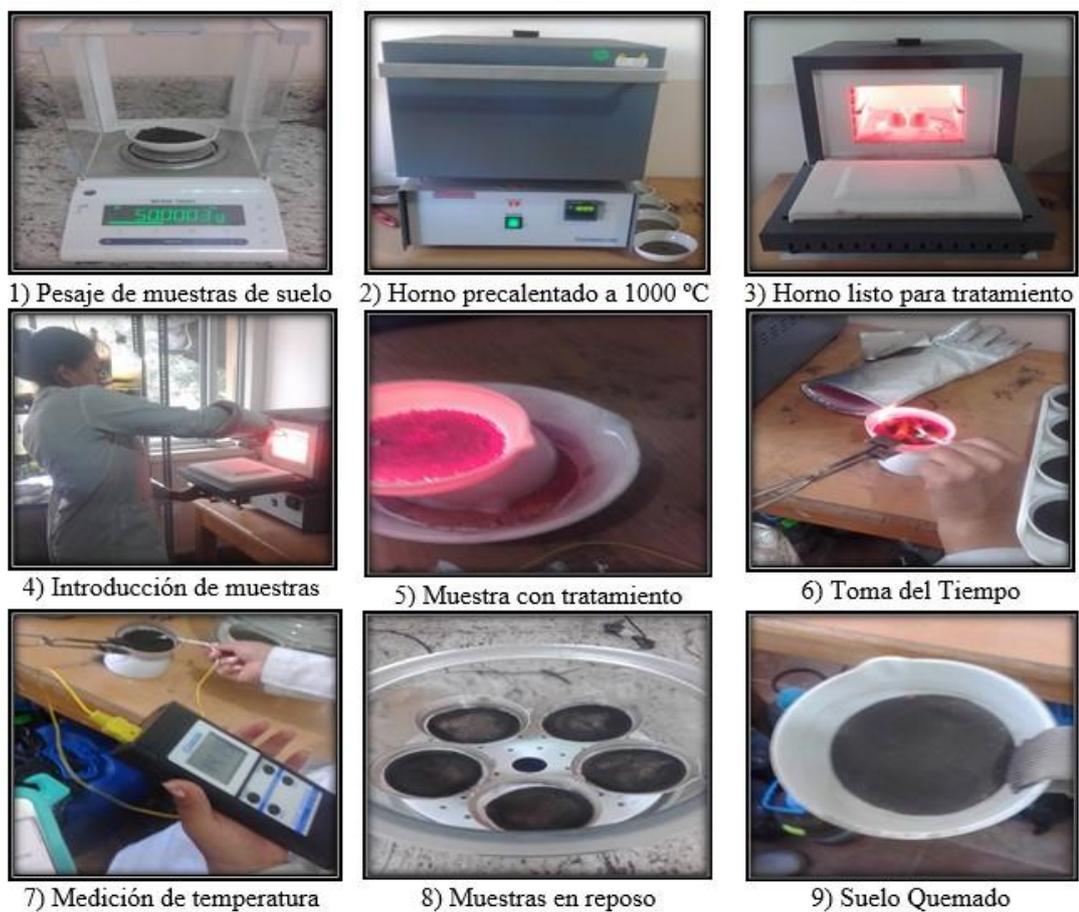


Figura 3. Procedimiento para el tratamiento térmico en muestras de suelo.
Elaborado por: Lizeth Fogacho

4.2.5. Determinación de textura

Para determinar la textura de las muestras de suelo obtenidas se debe pesar los tamices previamente lavados, secados, anotar su peso, separar los tamices sin inclinarlos. Luego se procede a pesar las muestras de suelo aproximadamente 50 gr de cada suelo. Se coloca la muestra en la maquina agitadora con los tamices ordenados y se agita aproximadamente de 5 a 10 min. Una vez que ha transcurrido este tiempo de agitación se procede a pesar cada tamiz con el suelo retenido en el mismo.

La ecuación 1 define el porcentaje de suelo que retiene cada tamiz y se emplean las siguientes expresiones:

ECUACIÓN 1. Porcentaje Retenido.

$$\% \text{ Retenido} = \text{Peso del material retenido en tamiz} \times 100\%$$

La ecuación 2 define el porcentaje de suelo retenido acumulado en cada tamiz y se emplean las siguientes expresiones:

ECUACIÓN 2. Porcentaje Retenido acumulado.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado.}$$

Una vez obtenidos los pesos totales de cada tamiz en una Tabla especifica que indica cada valor según el número de tamiz, se procede a introducir los datos en una calculadora que nos permite identificar la textura del suelo.

En la Figura 4 se muestra el procedimiento que se siguió para obtener los pesos del suelo en cada tamiz según su tamaño de partícula.

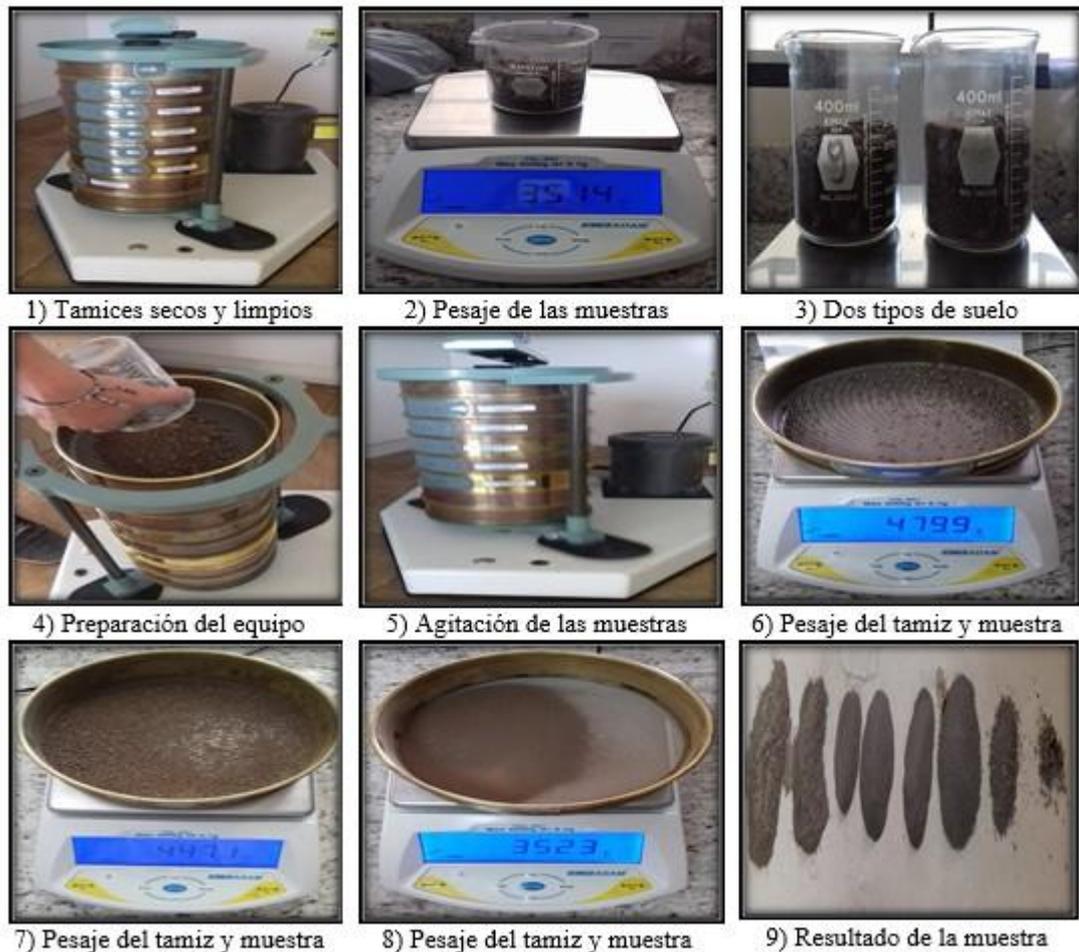


Figura 4. Procedimiento para determinar textura del suelo.

Elaborado por: Lizeth Fogacho

4.2.6. Determinación de Humedad

Para determinar la humedad gravimétrica en las muestras de suelo recolectadas se deben clasificar las muestras colocadas en las fundas ziploc según la etiqueta perteneciente a cada lugar de muestreo y homogenizar. Se pesó 1 gramo en un vaso de precipitación previamente pesado en una balanza analítica encerrada y anotar los pesos iniciales en la libreta de campo y colocar todas las muestras en la estufa a una temperatura entre 50-80°C (se consideró establecerla a 80° C) durante 48 horas. Después de haber transcurrido el tiempo establecido, se colocó las muestras de los suelos en el desecador durante 30 minutos para posteriormente pesarlas.

La ecuación 3 empleada para determinar la humedad gravimétrica es la siguiente:

ECUACIÓN 3. Porcentaje Humedad gravimétrica.

$$\% H = \frac{P_o - P_f}{P_f} * 100$$

Dónde:

%H= Humedad del suelo.

Po= Peso inicial.

Pf= Peso final.

En la Figura 5 se indica el procedimiento realizado para la obtención de los porcentajes de humedad del suelo de los dos lugares de estudio.



Figura 5. Procedimiento para determinar humedad del suelo.

Elaborado por: Lizeth Fogacho

4.2.7. Determinación de pH

Para determinar el pH de las muestras de suelo obtenidas se debe pesar 1 gramo de suelo y colocarlo en un vaso de precipitado de 25 (ml). Después se agrega 10 (ml) de agua destilada con una pipeta, a continuación se agita y se deja reposar 10 minutos. Se debe ajustar el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras y por último se debe esperar 10 minutos para medir el pH con el potenciómetro y se efectúan de 3 a 5 repeticiones en la medición.

En la Figura 6 se muestra el procedimiento que se dio a las muestras de suelo para obtener los valores de pH.



Figura 6. Procedimiento para determinar pH.

Elaborado por: Lizeth Fogacho

4.2.8. Determinación de Materia Orgánica

Para la cuantificación de materia orgánica total se empleó el método de Walkley – Black en el que el suelo se oxida con una solución de $K_2Cr_2O_7$ estandarizada, utilizando el calor producido por la dilución de H_2SO_4 concentrado, en la solución crómica (Bashkin & Radojevic, 2006).

Se determinó valorando por retroceso la cantidad de dicromato que no ha sido reducido por la materia orgánica, con una solución de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ utilizando como indicador de ferroína.

Se pesó 0,05 g de suelo para los análisis en el Páramo Antisana y 0,2 g de suelo para los análisis en el Parque Metropolitano.

Se preparó 1 litro de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,083 M.

Se pesó 25 g de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ sólido y se colocó en la estufa durante 2 horas a 105 °C. Se dejó enfriar en el desecador y luego se disolvió el contenido en un balón y se aforó hasta 1000 ml.

Se preparó 1 litro de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,2 M.

Se pesó en la balanza 78,39 g $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, se disolvió con agua destilada en un vaso de precipitación, se añadió al contenido 10 ml de H_2SO_4 concentrado y se disolvió. Se pasó el contenido a un balón y se aforó con agua destilada hasta 1000 ml.

Se colocó 10 ml de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ y 10 ml de H_2SO_4 concentrado en la muestra y se dejó reposar las muestras durante dos horas. Se colocó 5 gotas del indicador de ferroína y se procedió a titular. Se anotó el gasto del titulante que se utilizó en el cambio de color de verde azulado a violeta y se procedió a realizar los cálculos para obtener el porcentaje de materia orgánica.

La ecuación 4 se emplea para el análisis de carbono orgánico en los resultados obtenidos en el laboratorio para obtener datos que sirven para determinar el porcentaje de materia orgánica.

ECUACIÓN 4. Cantidad de Carbono Orgánico:

$$\text{Carbono Orgánico } \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}}\right) = \frac{18 * C * V * \left(1 - \frac{V_1}{V_2}\right)}{M}$$

C= Concentración en mol/L de la solución de dicromato: 0,166 M

V= 10 ml

M= moles/Litro

V₁= Volumen inicial

V₂= Volumen final

La ecuación 5 se emplea para obtener el % de carbono orgánico, dato que se necesita para emplear en la fórmula del % de materia orgánica.

ECUACIÓN 5. Contenido de Carbono Orgánico (%):

$$\text{Carbono Orgánico (\%)} = \frac{\text{Carbono orgánico } \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}}\right)}{10}$$

La ecuación 6 es empleada para obtener los datos del porcentaje de materia orgánica que tiene cada muestra de suelo.

ECUACIÓN 6. Contenido de Materia Orgánico (%):

$$\text{Materia Orgánica (\%)} = 1,3 * \text{Carbono orgánico (\%)}$$

Para obtener los datos del porcentaje de materia orgánica se siguió un procedimiento que se muestra a continuación en la Figura 7.



Figura 7. Procedimiento para determinar Materia Orgánica.
Elaborado por: Lizeth Fogacho

4.2.9. Método Recuento en placa a profundidad en medios selectivos.

El recuento en placa a profundidad en medios selectivos de los grupos bacterianos edáficos se basa en contar las colonias de los microorganismos que se desarrollan después de inocular en un medio de cultivo adecuado, encubar a una temperatura y tiempo determinado en el volumen de la muestra.

Para realizar las diluciones se debe transferir 1 ml de la muestra a analizar a 9 ml de medio estéril y se mezcla. Este procedimiento se repite en cada tubo de ensayo hasta obtener una dilución apropiada para tener un conteo evidente de cada muestra de suelo como se muestra en la Figura 8 y se aíslan las colonias con el agar apropiado para cada bacteria a estudiar.

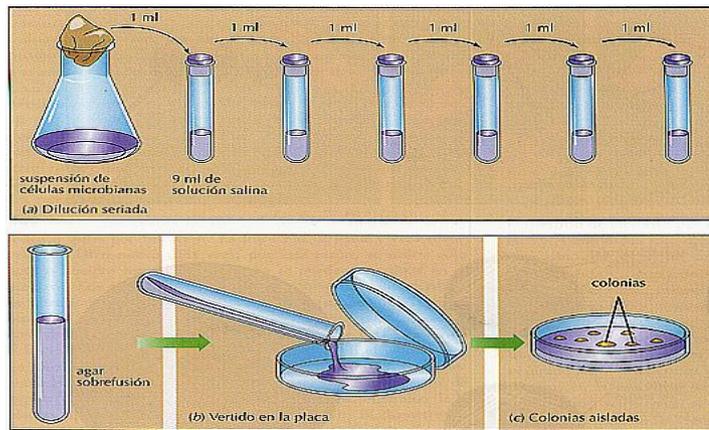


Figura 8. Dilución seriada.
Fuente:(AGRICULTURE, 1996)

4.2.10. Determinación de grupo bacteriano edáfico

Medio de cultivo usado para recuento en placa a profundidad en medios selectivos.

El medio de cultivo usado para el recuento de bacterias fue Agar Tripteina Soya (TSA), el cual fue utilizado para propósitos generales. Favorece el desarrollo y aislamiento de una gran variedad de microorganismos aerobios, y anaerobios facultativos y estrictos.

El método más extendido para obtener recuentos de microorganismos en el suelo está basado en la siembra de diluciones de la muestra objeto de estudio, en medios de cultivo contenidos en placas Petri. Los microorganismos proliferan y dan lugar a colonias que pueden ser reconocidas individualmente. Aunque el método no está exento de inconvenientes debido al desconocimiento de los requisitos nutritivos para gran parte de los microorganismos del suelo, sigue utilizándose en todo tipo de estudios (Mataix J. , 1999, pág. 133).

La estima de la población de bacterias se determinó mediante siembra y recuento en placa con un medio de cultivo inédito TSA que se caracteriza aportan nutrientes ricos en péptidos, aminoácidos libres, bases púricas y pirimídicas, minerales y vitaminas. La peptona de soya aporta también carbohidratos que estimulan el crecimiento de muchos microorganismos. . El NaCl mantiene el balance osmótico. Adicionando 5-10 % sangre, se logra un medio enriquecido y adecuado para observar reacciones de hemólisis. El medio se esteriliza en autoclave a 121 °C durante 21 minutos. Las muestras de suelo se siembran en fresco inmediatamente después de haber sido tomadas.

El medio de cultivo para Nitrobacter se esterilizó a 15 libras de presión durante 20 minutos se incubó a 25-28 ° C durante 24 días. Para la cuantificación de Nitrobacter se utilizó el reactivo de Griess-Ilosvaye que se compone de las soluciones A/B/C.

Solución A.- Disolver 0.6 g de NaNO_2 en 70 ml de agua destilada caliente; se enfría la solución y se agrega 20 ml de HCl concentrado. Diluir esta mezcla en 100 ml con agua destilada. Solución

Solución B.- Agregar 0.6 g de α -Naftilamina en 10-20 ml de agua destilada y agregar 1 ml de HCl concentrado, diluir y aforar a 100 ml con agua destilada. Solución.

Solución C.- Disolver 16.4 g de $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (acetato de sodio) en 100 ml de agua destilada. Se guardan por separado las soluciones en frasco ámbar y en refrigeración. Para la cuantificación se le agregan tres gotas del reactivo de Griess-

llosvay, si el tubo permanece incoloro esto indica la presencia de nitratos y por lo tanto el tubo será positivo para Nitrobacter (Sánchez, 2004).

En la Figura 9 se muestra el procedentito y los materiales que se siguió para la obtención de los grupos bacterianos edáficos.



Figura 9. Procedimiento para determinar grupos bacterianos edáficos.

Elaborado por: Lizeth Fogacho

Técnicas utilizadas.

Para el tratamiento estadístico se emplea el SPSS para observar si cada una de las propiedades físicas, químicas estudiadas (variables dependientes) son afectadas por los diferentes rangos de temperatura (baja temperatura, mediana temperatura y alta temperatura). Este tratamiento estadístico se aplicó a cada una de las muestras de suelo obtenidas del Parque Metropolitano de Quito y Paramo del Antisana.

Estos datos resultantes de los rangos de temperatura que se sometió al suelo se registraron en Tablas de relación temperatura - parámetro, en donde se evidencia los cambios que hay en las diferentes severidades: baja, media y alta.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Tratamiento térmico

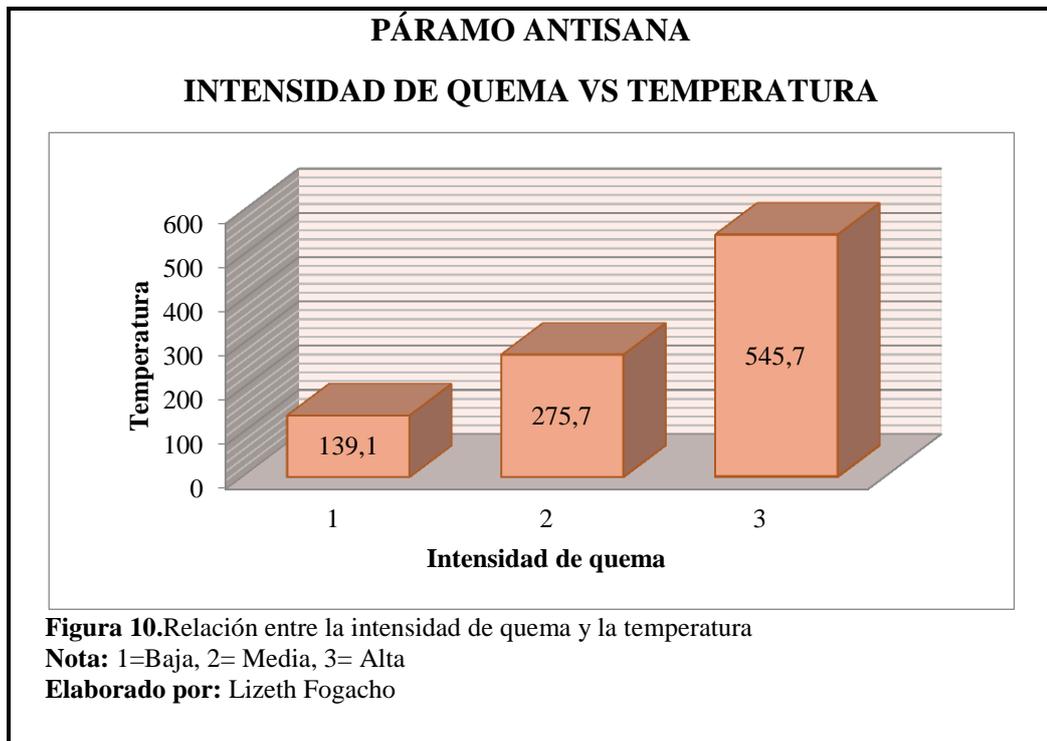
En la Tabla 4 se puede observar los datos obtenidos durante el tratamiento térmico que se le dio a las muestras de los dos suelos: Páramo Antisana y del Parque Metropolitano.

Tabla 4. Variación del tratamiento térmico en relación a la severidad baja, media y alta.

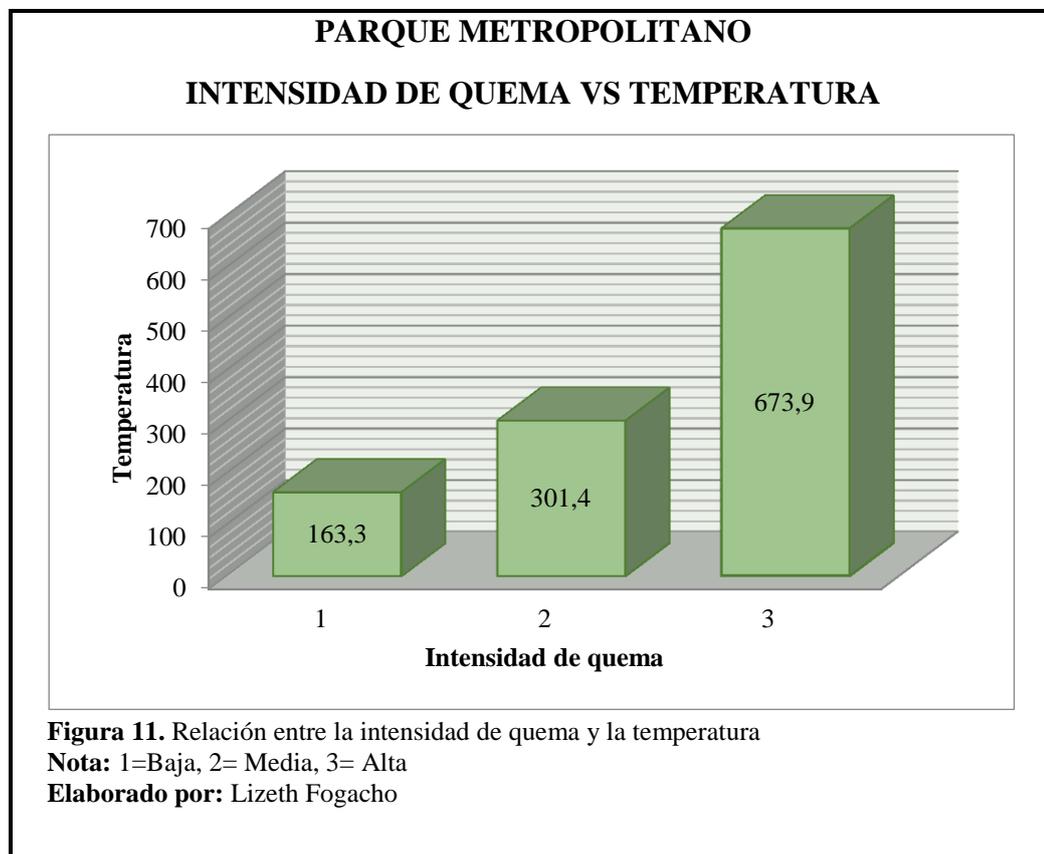
TRATAMIENTO TÉRMICO DEL SUELO			
SEVERIDAD	TIEMPO DE TRATAMIENTO TERMICO (s)	TEMPERATURA	
		PÁRAMO ANTISANA	PARQUE METROPOLITANO
Baja	40	139,1	163,3
Media	160	275,7	301,4
Alta	240	545,7	673,9

Elaborado por: Lizeth Fogacho

En la Figura 10 se muestra el promedio de la temperatura a la que llegaron en la quema de las muestras de suelo del Páramo Antisana según la severidad deseada: baja , media y alta.



En la Figura 11 se muestra el promedio de la temperatura a la que llegaron en la quema de las muestras de suelo del Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito según la severidad deseada: baja , media y alta.



En las muestras de las dos zonas de estudio, sometidas a tratamiento térmico para simular un incendio de severidad baja se alcanzó un promedio de temperatura máxima de 139,1 °C, en el Páramo Antisana mientras que en el Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito se alcanzó a 163,3 °C, con una diferencia entre las dos temperaturas de 24,2°C, severidad media se alcanzó un promedio de temperatura máxima de 275,7 °C, en el Páramo Antisana mientras que en el Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito se alcanzó a 301,4 °C, con una diferencia entre las dos temperaturas de 25,7°C, severidad alta se alcanzó un promedio de temperatura máxima de 545,7 °C, en el Páramo Antisana mientras que en el Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito se alcanzó a 673,9 °C, con una diferencia

entre las dos temperaturas de 128,2°C, una de las condiciones para que se de estos cambios entre los dos suelos es que las condiciones normales del suelo antes de someterlas al tratamiento térmico eran diferentes pues el suelo del Páramo Antisana siempre tenía mayor humedad por ende se tardaba más en alcanzar la máxima temperatura

5.2. Textura del suelo

La Tabla 5 Muestra el cambio de tipo de suelo del Páramo Antisana y Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito que arrojaron los resultados después de ingresar a la calculadora los porcentajes obtenidos en el pesaje de suelo después de haber realizado la tamización mecánica en cada tamiz.

Tabla 5. Textura obtenida de las muestras de suelo. (Páramo Antisana y Parque Metropolitano).

TEXTURA			
SEVERIDAD	TRATAMIENTO TÉRMICO	Tipo de suelo	
		PÁRAMO ANTISANA	PARQUE METROPOLITANO
Normal	Suelo Sin Quema	Franco Arenoso	Arenoso Franco
Baja	Suelo Quemado	Arenoso Franco	Franco Arenoso
Media	Suelo Quemado	Arenoso Franco	Franco Arenoso
Alta	Suelo Quemado	Arenoso Franco	Franco Arenoso

Elaborado por: Lizeth Fogacho

En la Figura 12 se indica los cambios de la tipología de suelo en las muestras del Páramo Antisana según la severidad deseada: baja , media y alta.

PÁRAMO ANTISANA

TEXTURA DEL SUELO

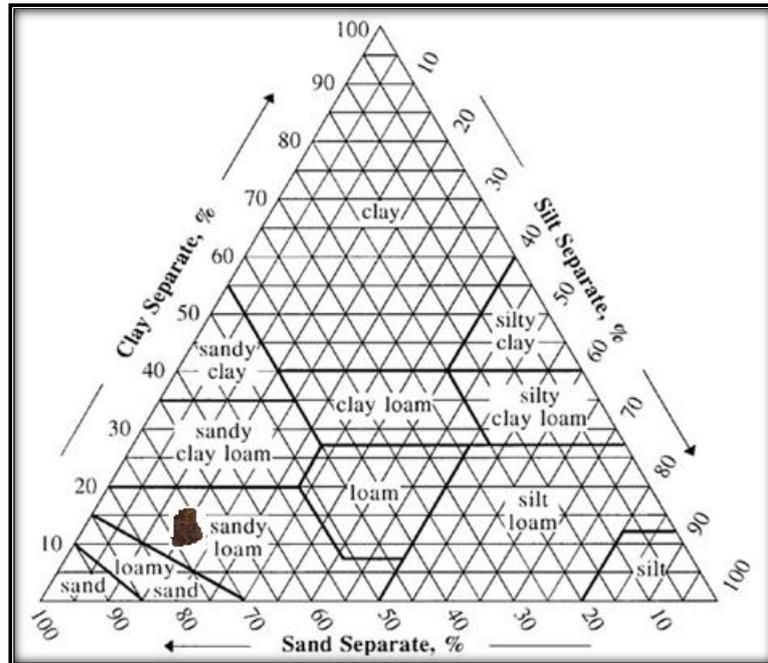


Figura 12. Triangulo de porcentajes para determinar la textura del suelo.
Elaborado por: Lizeth Fogacho

En la Figura 13 se indica los cambios de la tipologia de suelo en las muestras del Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito según la severidad deseada: baja , media y alta.

PARQUE METROPOLITANO

TEXTURA DEL SUELO

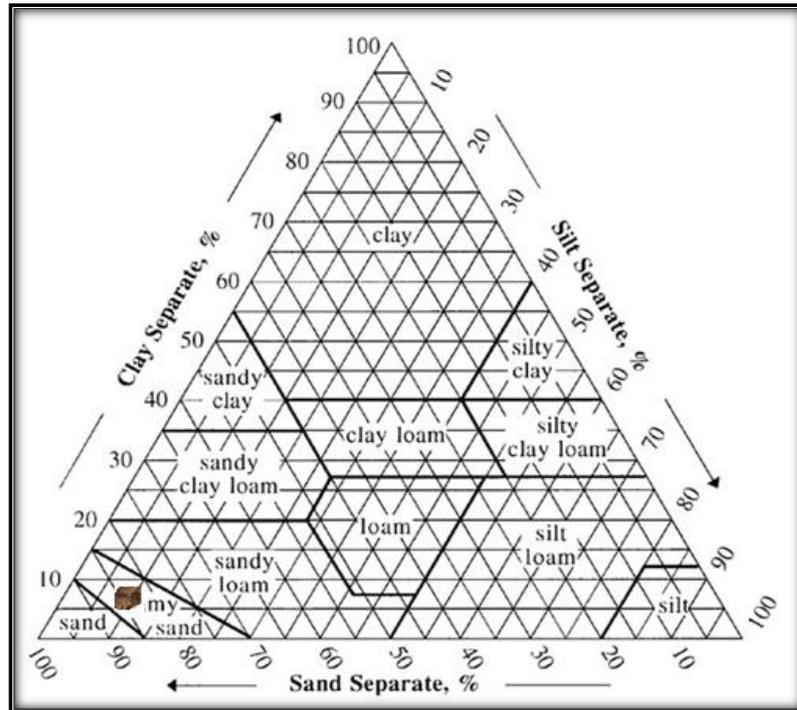


Figura 13. Triángulo de porcentajes para determinar la textura del suelo.
Elaborado por: Lizeth Fogacho

Se puede apreciar los cambios respecto a la textura del suelo en el Parque Metropolitano ya que ha disminuido la arena y aumentado el limo y arcilla siendo así este un factor principal para que el suelo sufra cambios de textura de suelo arenoso franco en las muestras sin tratamiento térmico a franco arenoso en la muestra que han sido sometidos a tratamiento térmico.

Esto podría atribuirse a la agregación de partículas finas, según (Úbeda & Sala, 1996, pág. 562) la textura del suelo después de incendios de intensidad media como alta, experimentan una disminución de la fracción de arena de un 8% y un aumento tanto de los limos como de las arcillas del 5% y el 3% respectivamente.

En las muestras de suelo del Páramo Antisana se puede apreciar un aumento

no significativo en el porcentaje de arena, arcilla y limo, las cuales aparecen en el proceso del tratamiento térmico el tamaño de partícula no afecta en el tipo de textura en el suelo sin tratamiento térmico es franco arenoso mientras que con tratamiento térmico es arenoso franco, esto podría producirse según Betremieux (1960), la textura del suelo suele incrementar la fracción de arena, debido a la agregación de partículas finas, gracias al hierro y al aluminio fundidos por la temperatura.

5.3.Humedad

La Tabla 6 se muestra el porcentaje de humedad que retienen los dos suelos Páramo Antisana y Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito antes de ser sometidos a tratamiento térmico.

Tabla 6. Valores de humedad del suelo sin quema. (Páramo Antisana y Parque Metropolitano).

TRATAMIENTO TÉRMICO	PORCENTAJE DE HUMEDAD		
	PÁRAMO ANTISANA	PARQUE METROPOLITANO	DIFERENCIA
Suelo Sin Quema	72,22	53,29	18,93
Suelo Sin Quema	72,18	53,56	18,62
Suelo Sin Quema	72,69	54,00	18,69
Suelo Sin Quema	72,36	53,62	18,74

Elaborado por: Lizeth Fogacho

El porcentaje de humedad de las dos zonas de estudio presenta una diferencia de 18,75% en promedio, observándose valores altos en el Páramo Antisana debido a la presencia de mayor vegetación en esta zona.

En la Tabla 7 se indican los valores obtenidos en el laboratorio después de realizar el análisis para determinar el porcentaje de humedad de las dos muestras de suelo Páramo Antisana y Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito.

Tabla 7. Valores de Humedad en muestras de suelo (Páramo Antisana y Parque Metropolitano).

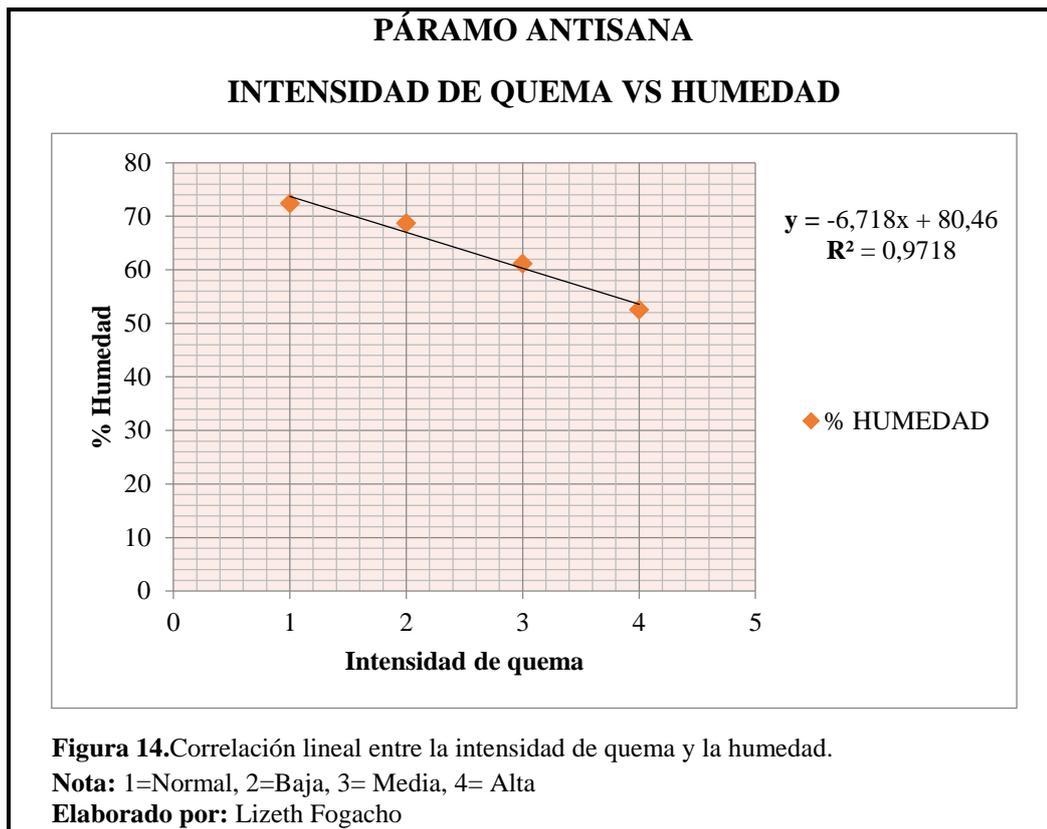
HUMEDAD			
SEVERIDAD	TRATAMIENTO TÉRMICO	% HUMEDAD	
		PÁRAMO ANTISANA	PARQUE METROPOLITANO
Normal	Suelo Sin Quema	72,36	53,62
Baja	Suelo Quemado	68,69	50,09
Media	Suelo Quemado	61,12	47,22
Alta	Suelo Quemado	52,49	33,98

Elaborado por: Lizeth Fogacho

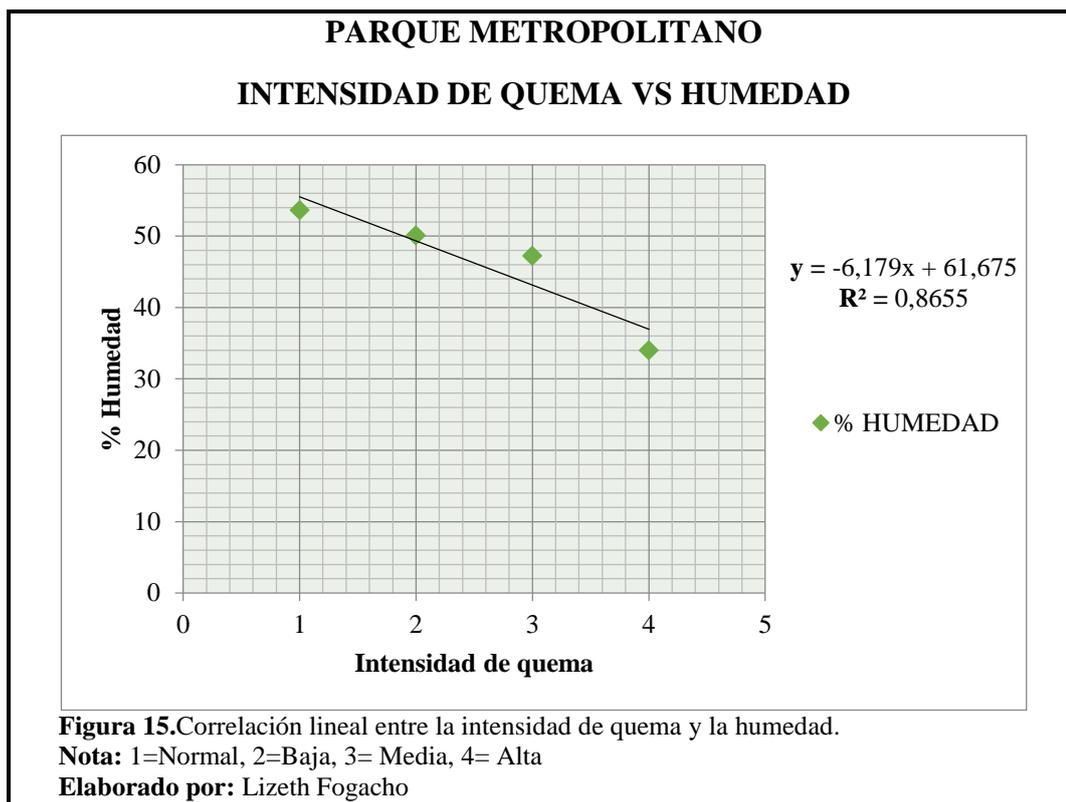
Los resultados obtenidos muestran un menor porcentaje de humedad conforme aumenta la intensidad del tratamiento térmico. En el páramo Antisana se obtuvo una variación de 63,67% de humedad y en el Parque Metropolitano se obtuvo una diferencia de 46,23% de humedad

En valores humedad en el Páramo Antisana, se observa que a medida que incrementa la temperatura, disminuye el porcentaje de humedad.

En la Figura 14 se indica la correlacion lineal del Páramo Antisana según el suelo sin quema y el suelo quemado a baja, media y alta severidad.



En la Figura 15 se indica la correlación lineal del Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito según el suelo sin quema y el suelo quemado a baja, media y alta severidad.



Los gráficos de correlación lineal presentan visiblemente una correlación lineal negativa entre las variables intensidad de quema y el porcentaje de humedad en las dos localidades. El valor del coeficiente de determinación obtenido en el Páramo Antisana indica que el 97,18 % del cambio observado en el porcentaje de humedad se debe al efecto de la intensidad de la quema. Por otro lado el valor del coeficiente de determinación obtenido en el Parque Metropolitano indica que el 86,55 % del cambio observado en el porcentaje de humedad se debe al efecto de la intensidad de la quema en esta localidad.

5.4. pH

En la Tabla 8 se indican los valores obtenidos en el laboratorio después de realizar el análisis conveniente para determinar el pH de las dos muestras de suelo Páramo Antisana y Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito.

Tabla 8. pH de muestras de suelo (Páramo Antisana y Parque Metropolitano).

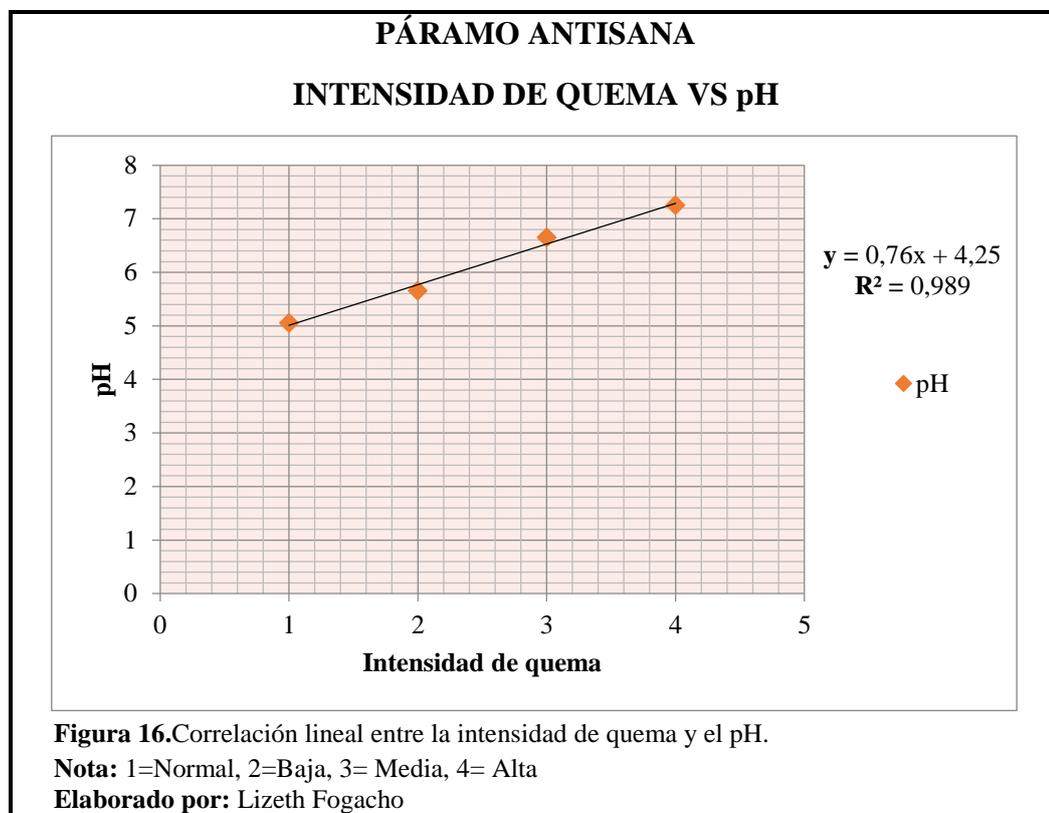
pH			
SEVERIDAD	TRATAMIENTO TÉRMICO	VALORES DE pH	
		PÁRAMO ANTISANA	PARQUE METROPOLITANO
Normal	Suelo Sin Quema	5,05	5,09
Baja	Suelo Quemado	5,65	5,97
Media	Suelo Quemado	6,65	6,17
Alta	Suelo Quemado	7,25	6,95

Elaborado por: Lizeth Fogacho

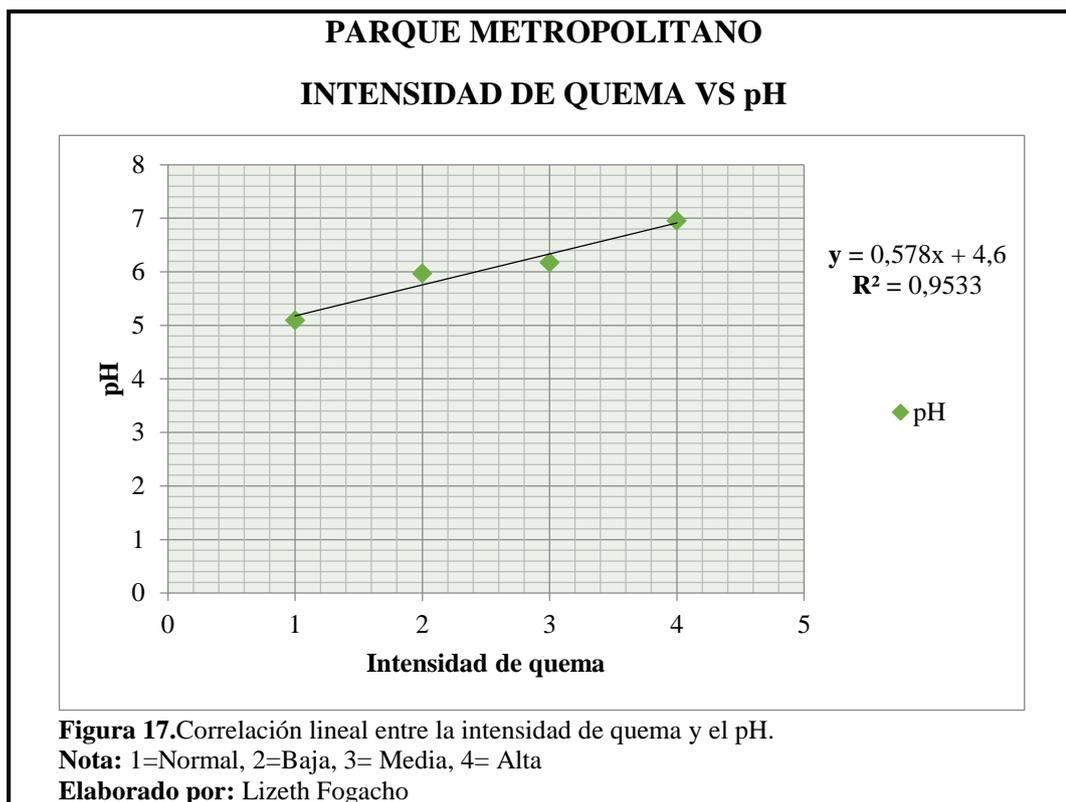
Los resultados obtenidos muestran un aumento del pH conforme aumenta la intensidad del tratamiento térmico. En el páramo Antisana se obtuvo una variación de 2.2 unidades en el pH y en el Parque Metropolitano se obtuvo una diferencia de 1.86 Unidades en el pH. Este resultado corrobora lo expresado por Varela (2007) los valores de pH generalmente se incrementan en los suelos quemados debido a la reducción de ácidos orgánicos, y al aporte de cenizas con carácter alcalino.

Los valores de pH en el Páramo Antisana y se observa que a medida que incrementa la temperatura, incrementa los valores de pH, esto podría atribuirse al alto contenido de materia orgánica que existe en el suelo de Páramo Antisana de acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación.

En la Figura 16 se indican los cambios de pH del Páramo Antisana según el suelo sin quema y el suelo quemado a baja, media y alta severidad.



En la Figura 17 se indican los cambios de pH del Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito según el suelo sin quema y el suelo quemado a baja, media y alta severidad.



Los gráficos de correlación lineal presentan claramente una correlación lineal positiva entre las variables intensidad de quema y pH en las dos localidades. El valor del coeficiente de determinación obtenido en el Páramo Antisana indica que el 98,9 % del cambio observado en la variable pH se debe al efecto de la intensidad de la quema. Por otro lado el valor del coeficiente de determinación obtenido en el Parque Metropolitano indica que el 95,33 % del cambio observado en la variable pH se debe al efecto de la intensidad de la quema en esta localidad.

5.5. Materia Orgánica

En la Tabla 9 se indica las repeticiones de cada severidad que se realizó en laboratorio para determinar materia orgánica de las muestras del Páramo Antisana.

Tabla 9. Repeticiones del análisis de Materia Orgánica del suelo Páramo Antisana.

MATERIA ORGÁNICA			
Caso	Tratamiento Térmico	Nº Repeticiones	% M.O.
1	SUELO NORMAL	1.00	30.27
2	SUELO NORMAL	2.00	27.86
3	SUELO NORMAL	3.00	26.79
4	SEVERIDAD BAJA	1.00	24.14
5	SEVERIDAD BAJA	2.00	28.10
6	SEVERIDAD BAJA	3.00	27.99
7	SEVERIDAD MEDIA	1.00	15.72
8	SEVERIDAD MEDIA	2.00	18.38
9	SEVERIDAD MEDIA	3.00	20.10
10	SEVERIDAD ALTA	1.00	10.23
11	SEVERIDAD ALTA	2.00	9.58
12	SEVERIDAD ALTA	3.00	9.74

Elaborado por: Lizeth Fogacho

En la Figura 18 se muestra el porcentaje de materia orgánica obtenida en los análisis antes y después de someter a tratamiento térmico las muestras del Páramo Antisana.

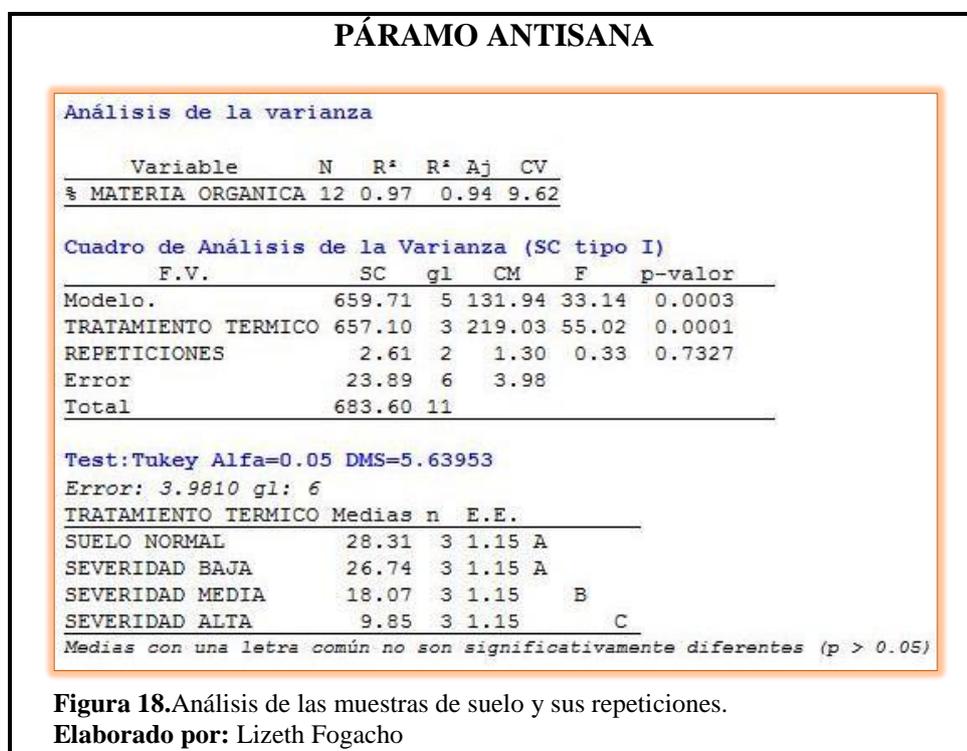


Figura 18. Análisis de las muestras de suelo y sus repeticiones.

Elaborado por: Lizeth Fogacho

El coeficiente de variación obtenido en el Análisis de Varianza (ADEVA) es de 9,62%, este valor da confiabilidad a los resultados obtenidos en el trabajo de investigación. Y observando el cuadro de tukey podemos determinar que los valores obtenidos para suelo normal y severidad baja, tienen un rango similar, esto quiere decir que la variable materia orgánica no se ve afectada cuando se simula un incendio de severidad baja. A diferencia de las demás intensidades que se encuentran en rangos muy amplios cada una.

En la Tabla 10 se indica las repeticiones de cada severidad que se realizó en laboratorio para determinar materia orgánica de las muestras del Parque Metropolitano de Quito.

Tabla 10. Repeticiones del análisis de materia orgánica del suelo Parque Metropolitano.

MATERIA ORGÁNICA			
Caso	Tratamiento Térmico	Nº Repeticiones	% M.O.
1	SUELO NORMAL	1.00	12.10
2	SUELO NORMAL	2.00	11.93
3	SUELO NORMAL	3.00	13.24
4	SEVERIDAD BAJA	1.00	4.23
5	SEVERIDAD BAJA	2.00	4.58
6	SEVERIDAD BAJA	3.00	4.59
7	SEVERIDAD MEDIA	1.00	1.73
8	SEVERIDAD MEDIA	2.00	1.73
9	SEVERIDAD MEDIA	3.00	1.88
10	SEVERIDAD ALTA	1.00	0.88
11	SEVERIDAD ALTA	2.00	1.08
12	SEVERIDAD ALTA	3.00	0.81

Elaborado por: Lizeth Fogacho

En la Figura 19 se muestra el porcentaje de materia orgánica obtenida en los análisis antes y después de someter a tratamiento térmico las muestras del Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito.

PARQUE METROPOLITANO

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% MATERIA ORGANICA	12	1.00	0.99	7.54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	247.27	5	49.45	362.88	<0.0001
TRATAMIENTO TERMICO	246.93	3	82.31	603.98	<0.0001
REPETICIONES	0.34	2	0.17	1.24	0.3535
Error	0.82	6	0.14		
Total	248.09	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.04343

Error: 0.1363 gl: 6

TRATAMIENTO TERMICO	Medias	n	E.E.	
SUELO NORMAL	12.42	3	0.21	A
SEVERIDAD BAJA	4.47	3	0.21	B
SEVERIDAD MEDIA	1.78	3	0.21	C
SEVERIDAD ALTA	0.93	3	0.21	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 19. Análisis de las muestras de suelo y sus repeticiones.

Elaborado por: Lizeth Fogacho

El coeficiente de variación obtenido es de 7,54% este valor da confiabilidad a los resultados obtenidos en el trabajo de investigación. Y observando el cuadro de tukey podemos determinar que los valores obtenidos para severidad media y severidad alta, tienen un rango similar, esto quiere decir que la variable materia orgánica no se ve afectada cuando se simula incendios de severidad media y alta.

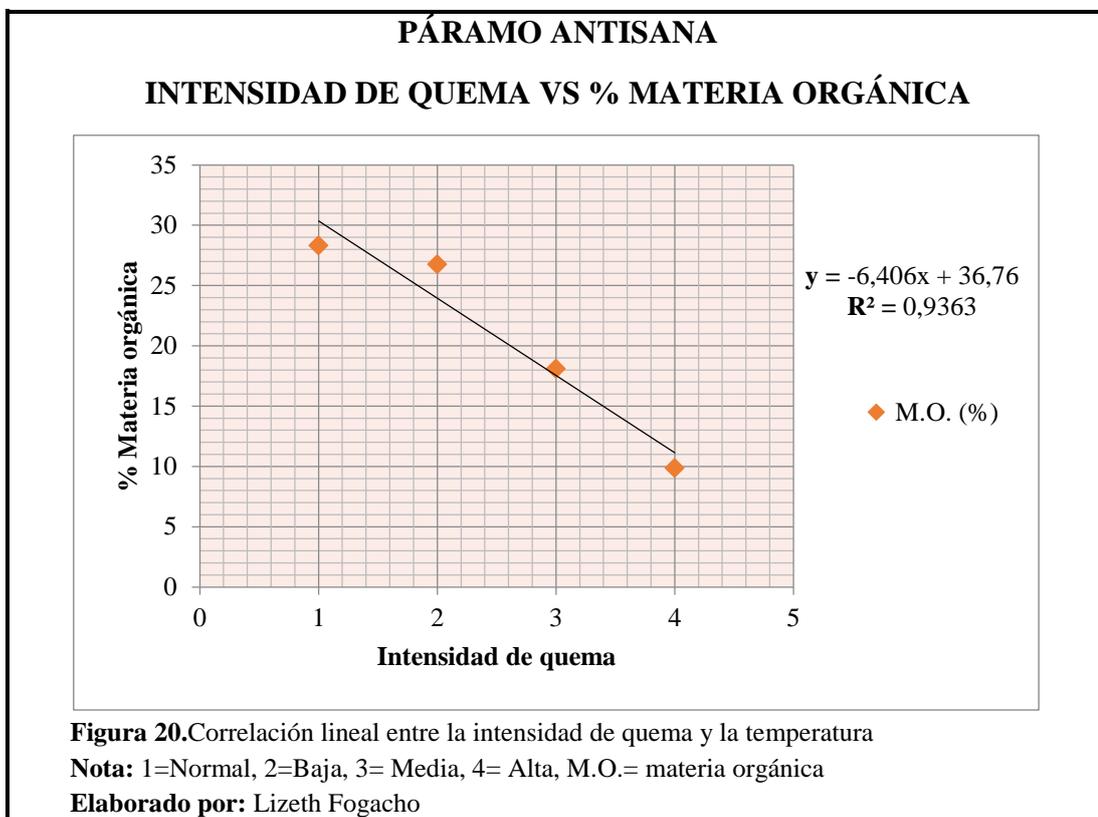
En la Tabla 11 se indica los valores promedios de los cambios en el porcentaje de materia orgánica a partir de la severidad del fuego en el Páramo Antisana y Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito.

Tabla 11. Materia Orgánica de muestras de suelo (Páramo Antisana y Parque Metropolitano).

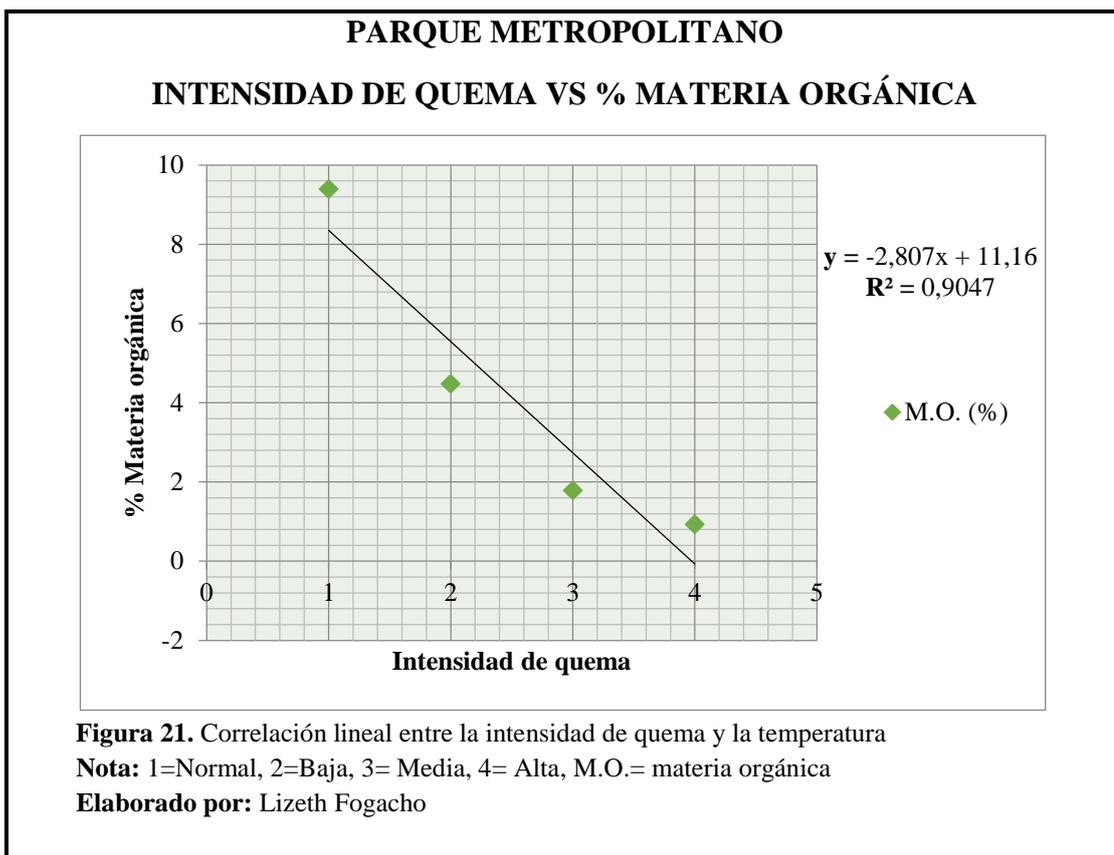
MATERIA ORGÁNICA			
SEVERIDAD	TRATAMIENTO TÉRMICO	PORCENTAJE DE M.O. (%)	
		PÁRAMO ANTISANA	PARQUE METROPOLITANO
Normal	Suelo Sin Quema	28,31	9,39
Baja	Suelo Quemado	26,75	4,47
Media	Suelo Quemado	18,07	1,78
Alta	Suelo Quemado	9,85	0,93

Elaborado por: Lizeth Fogacho

En la Figura 20 se muestra el porcentaje de materia orgánica obtenida en los análisis antes y después de someter a tratamiento térmico las muestras del Paramo Antisana.



En la Figura 21 se muestra el porcentaje de materia orgánica obtenida en los análisis antes y después de someter a tratamiento térmico las muestras del Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito.



Los gráficos de correlación lineal presentan visiblemente una correlación lineal negativa entre las variables intensidad de quema y el porcentaje de humedad en las dos localidades. El valor del coeficiente de determinación obtenido en el Páramo Antisana indica que el 97,18 % del cambio observado en el porcentaje de humedad se debe al efecto de la intensidad de la quema. Por otro lado el valor del coeficiente de determinación obtenido en el Parque Metropolitano indica que el 86,55 % del cambio observado en el porcentaje de humedad se debe al efecto de la intensidad de la quema en esta localidad.

5.6. Recuento de Bacterias

Se observa los resultados obtenidos del recuento en placa a profundidad del grupo bacteriano edáfico, encontrados en las muestras de suelo (Páramo Antisana y Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito).

En la siguiente Tabla se muestra las bacterias UFC/gramo que han sobrevivido en el suelo del Páramo Antisana y Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito durante el tratamiento térmico.

Los resultados obtenidos presentan que en suelo normal sin quema de las dos muestras la cantidad de bacterias es elevada, en cambio cuando el suelo está expuesto a quema de mayor severidad la cantidad de bacterias disminuye, como lo indica la Tabla 12:

Tabla 12. Recuento de Bacterias en muestras de suelo. (Paramo Antisana y Parque Metropolitano).

RECUESTO DE BACTERIAS			
SEVERIDAD	TRATAMIENTO TÉRMICO	UFC/gramo	
		PÁRAMO ANTISANA	PARQUE METROPOLITANO
Normal	Suelo Sin Quema	2000000	300000
Baja	Suelo Quemado	100000	10000
Media	Suelo Quemado	50000	3000
Alta	Suelo Quemado	3000	28

Elaborado por: Lizeth Fogacho

En la Tabla 13 se muestra la estadística descriptiva del recuento de microorganismos en el Páramo Antisana.

Tabla 13. Estadística descriptiva recuento de bacterias Páramo Antisana.

PRUEBAS DE NORMALIDAD						
	Kolmogorov-Smirnov^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Si g.	Estadístico	gl	Sig.
Identificación de la Muestra	,151	4	.	,993	4	,972
Cantidad de Bacterias	,423	4	.	,668	4	,005

a. Corrección de significación de Lilliefors

Elaborado por: Lizeth Fogacho

Se observa en la Tabla 10 que el P-Valor o Significancia es mayor que 0.01 con 0.972, entonces se acepta la hipótesis nula HO.

HO: Los datos de las variables siguen una distribución normal.

En la Tabla 14 se determina el coeficiente de correlación lineal de las variables severidad o temperatura del suelo con la cantidad de bacterias en el Páramo Antisana.

R² expresa la proporción de varianza de la variable dependiente que está aplicada por la variable independiente y que corresponde al coeficiente de determinación que en este caso es de 0.639 =63.9%

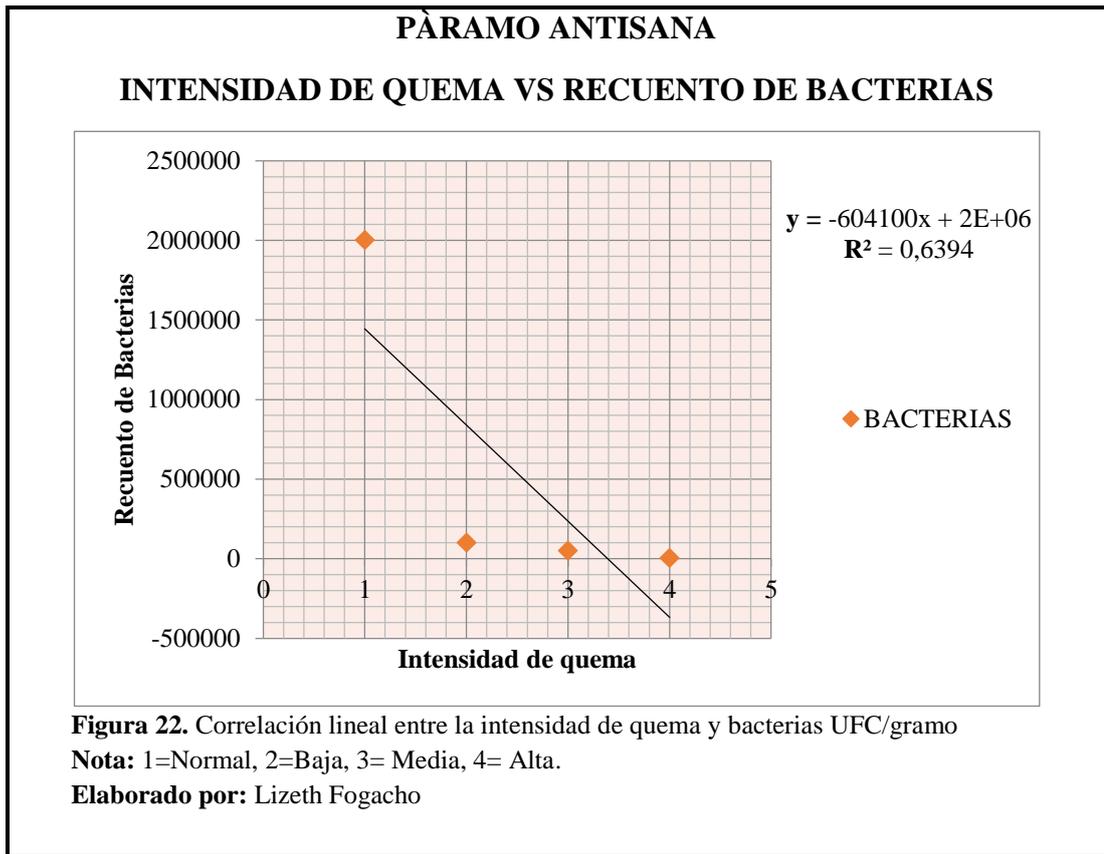
En este caso el valor de R coeficiente de Pearson es de 0.800, lo que nos expresa que existe un alto grado de correlación entre las variables intensidad de quema y cantidad de bacterias. El R² corregida es más bajo con 0.459 ya que hay pocos casos y una sola variable.

Tabla 14. Coeficiente de correlación lineal Páramo Antisana.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado
1	,800 ^a	0,639	0,459

Elaborado por: Lizeth Fogacho

Los resultados obtenidos reflejan que el coeficiente de determinación toma un valor alto (su máximo es 1), indicando que el 63,94% de la variación de la cantidad de bacterias está explicada por la identificación de la muestra del Páramo Antisana. Este coeficiente de determinación obtenido determina que el 63,94% del cambio observado en el porcentaje de bacterias se debe al efecto de la intensidad de la quema del suelo. Que se concluye que a mayor intensidad de quema del suelo disminuye la cantidad de bacterias, como se observa en la Figura 22:



En la Tabla 15 se determina el coeficiente de correlación lineal de las variables severidad o temperatura del suelo con la cantidad de bacterias en el Parque Metropolitano.

R^2 expresa la proporción de varianza de la variable cantidad de bacterias que está aplicada por la variable independiente intensidad de quema y que corresponde al coeficiente de determinación, que es de 60.3%, lo que determina que hay un alto grado de correlación entre las variables en estudio.

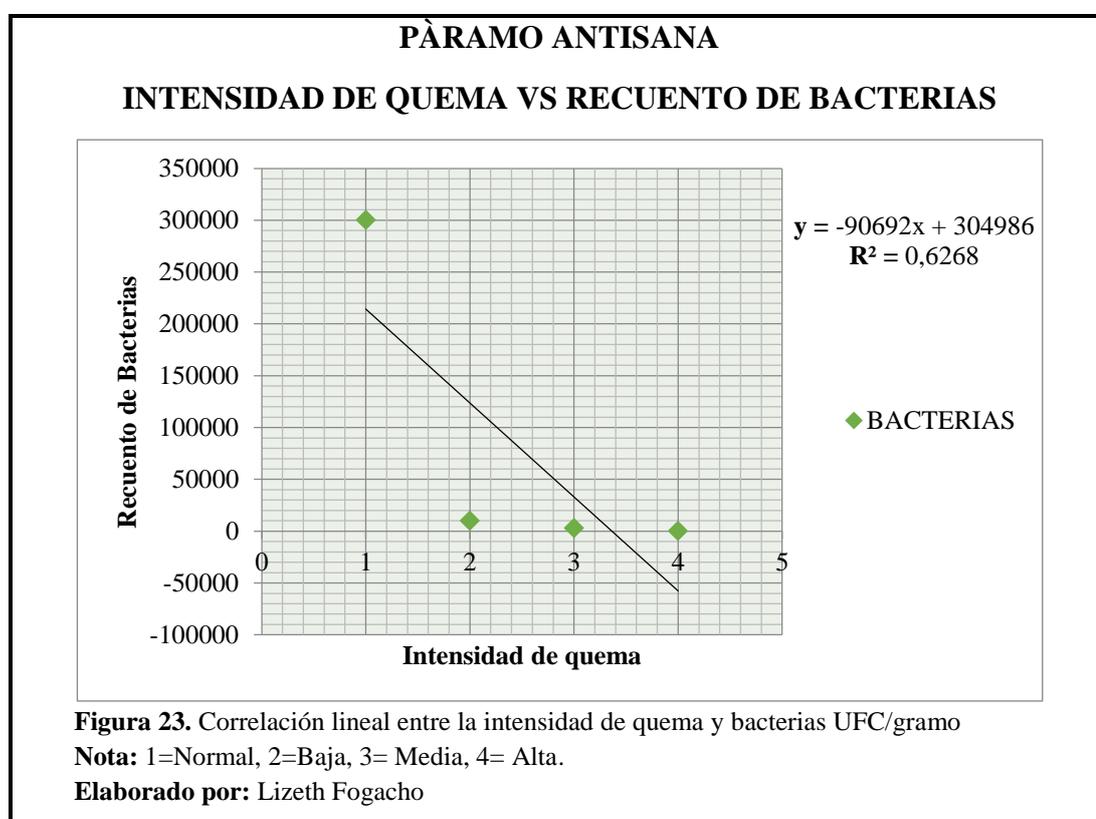
En este caso el valor de R coeficiente de Pearson es de 0.776, lo que nos expresa que existe un alto grado de correlación entre las variables intensidad de quema y cantidad de bacterias.

Tabla 15. Coeficiente de correlación lineal recuento de bacterias Parque Metropolitano.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado
1	,776 ^a	0,603	0,404

Elaborado por: Lizeth Fogacho

Los resultados obtenidos reflejan que el coeficiente de determinación toma un valor alto (su máximo es 1), indicando que el 60.3% de la variación de la cantidad de bacterias está explicada por la identificación de la muestra X. Este coeficiente de determinación obtenido determina que el 60,3% del cambio observado en el porcentaje de bacterias se debe al efecto de la intensidad de la quema del suelo. Que corresponde a que cuando el suelo está expuesto a mayor temperatura disminuye la cantidad de bacterias en comparación del suelo normal sin quema que contiene gran cantidad de bacterias, como se observa en la Figura 23:



Los gráficos de correlación lineal presentan visiblemente una correlación lineal negativa entre las variables intensidad de quema y recuento de bacterias en las dos localidades. El valor del coeficiente de determinación obtenido en el Páramo Antisana indica que el 63,94% del cambio observado en el recuento de bacterias se debe al efecto de la severidad de quema. Por otro lado el valor del coeficiente de determinación obtenido en el Parque Metropolitano indica que el 62,68 % del cambio observado en el recuento de bacterias se debe al efecto de la severidad de la quema en esta localidad.

5.7. Recuento de Actinomicetos

En la siguiente Tabla se muestra los actinomicetos que han sobrevivido en el suelo del Páramo Antisana y Parque Metropolitano durante el tratamiento térmico.

Los resultados obtenidos presentan que en suelo normal sin quema de las dos muestras la cantidad de actinomicetos por gramo aumenta, en cambio cuando el suelo está expuesto a mayor severidad la cantidad de actinomicetos disminuye, como lo indica la Tabla 16:

Tabla 16. Recuento de Actinomicetos en muestras de suelo. (Páramo Antisana y Parque Metropolitano).

RECuento DE ACTINOMICETOS			
SEVERIDAD	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	UFC/gramo	
		PÁRAMO ANTISANA	PARQUE METROPOLITANO
Normal	Suelo Sin Quema	30	15
Baja	Suelo Quemado	14	7
Media	Suelo Quemado	7	2
Alta	Suelo Quemado	1	0

Elaborado por: Lizeth Fogacho

En la Tabla 17 se determina el coeficiente de correlación lineal de las variables temperatura del suelo con la cantidad de actinomicetos en el Páramo Antisana.

R^2 expresa la proporción de varianza de la variable dependiente cantidad de actinomicetos que está aplicada por la variable independiente temperatura y que corresponde al coeficiente de determinación que es $0.94 = 94\%$

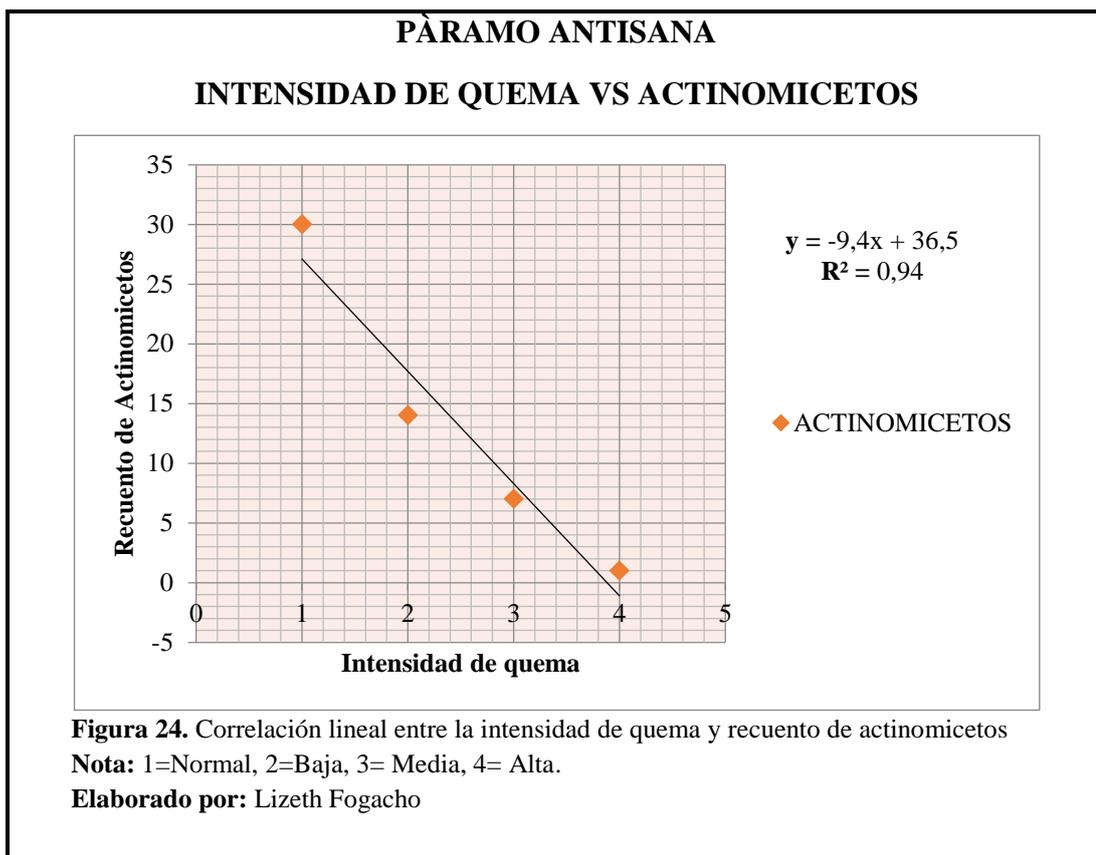
En este caso el valor de R coeficiente de Pearson es de 0.970, lo que nos expresa que existe un alto grado de correlación entre las variables temperatura del suelo y cantidad de actinomicetos, como lo indica la Tabla 14:

Tabla 17. Coeficiente de correlación recuento de actinomicetos Páramo Antisana.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado
1	,970 ^a	0,940	0,910

Elaborado por: Lizeth Fogacho

Los resultados obtenidos reflejan que el coeficiente de determinación toma un valor alto (su máximo es 1), indicando que el 94% de la variación de la cantidad de actinomicetos está explicada por la temperatura, presentan claramente una correlación inversa entre las variables en estudio. Este coeficiente de determinación obtenido determina que el 94% del cambio observado en el porcentaje de actinomicetos se debe al efecto de la intensidad de la quema del suelo. Que corresponde a que cuando el suelo está expuesto a mayor temperatura disminuye la cantidad de actinomicetos, como se observa en la Figura 24:



En la Tabla 18 se determina el coeficiente de correlación lineal de las variables temperatura del suelo con la cantidad de actinomicetos en el Parque Metropolitano.

R^2 expresa la proporción de varianza de la variable dependiente cantidad de actinomicetos que está aplicada por la variable independiente temperatura y que corresponde al coeficiente de determinación que en este caso es de $0.933 = 93 \%$

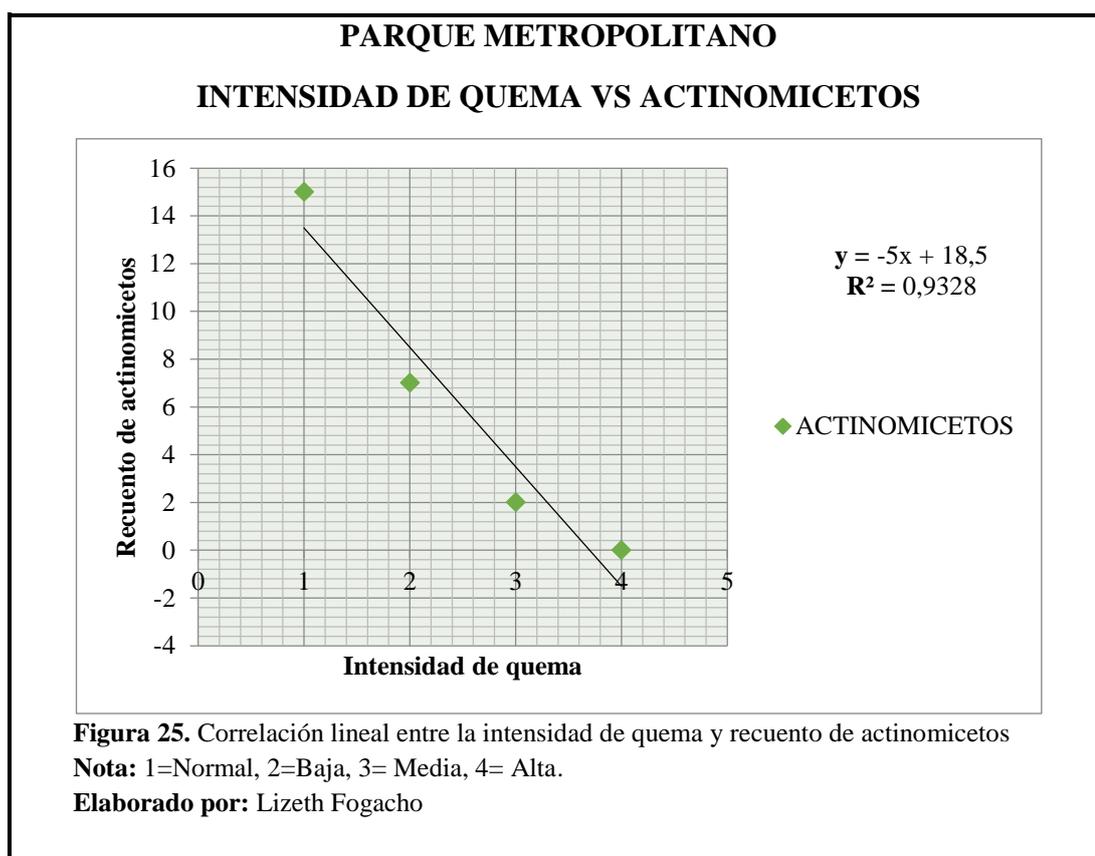
En este caso el valor de R coeficiente de Pearson es de 0.966, lo que nos expresa que existe un alto grado de correlación entre las variables temperatura y cantidad de actinomicetos. El R^2 corregida es más bajo con 0.899 que el coeficiente de determinación R^2 ya que hay pocos casos y una sola variable.

Tabla 18. Coeficiente de correlación lineal recuento de actinomicetos Parque Metropolitano.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado
1	,966 ^a	,933	,899

Elaborado por: Lizeth Fogacho

Los resultados obtenidos presentan claramente una correlación inversa entre las variables temperatura y cantidad de actinomicetos en el Parque Metropolitano. Este coeficiente de determinación obtenido determina que el 93% del cambio observado en el porcentaje de actinomicetos se debe al efecto de la intensidad de la quema del suelo. Que corresponde a que cuando el suelo está expuesto a mayor temperatura disminuye la cantidad de actinomicetos, como se observa en gura 25:



Los gráficos de correlación lineal presentan visiblemente una correlación lineal negativa entre las variables intensidad de quema y recuento de actinomicetos en las dos localidades. El valor del coeficiente de determinación obtenido en el Páramo Antisana indica que el 94% del cambio observado en el recuento de actinomicetos se debe al efecto de la severidad de quema. Por otro lado el valor del coeficiente de determinación obtenido en el Parque Metropolitano indica que el 93,28 % del cambio observado en el recuento de actinomicetos se debe al efecto de la severidad de la quema en esta localidad.

5.8. Recuento de Nitrobacter

En la siguiente Tabla se muestra el recuento de nitrobacter que han sobrevivido en el suelo del Páramo Antisana y Parque Metropolitano durante el tratamiento térmico.

Los resultados obtenidos presentan que en suelo normal sin quema de las dos muestras la cantidad de nitrobacter aumenta, en cambio cuando el suelo está expuesto a mayor severidad la cantidad de nitrobacter disminuye, como lo indica la Tabla 19:

Tabla 19. Recuento de Nitrobacter en muestras de suelo. (Páramo Antisana y Parque Metropolitano).

RECuento DE NITROBACTER			
SEVERIDAD	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	UFC/gramo	
		PÁRAMO ANTISANA	PARQUE METROPOLITANO
Normal	Suelo Sin Quema	200	108
Baja	Suelo Quemado	160	98
Media	Suelo Quemado	50	22
Alta	Suelo Quemado	28	2

Elaborado por: Lizeth Fogacho

En la Tabla a continuación se determina el coeficiente de correlación lineal de las variables temperatura del suelo con la cantidad de nitrobacter en el Páramo Antisana.

R^2 expresa la proporción de varianza de la variable dependiente cantidad de nitrobacter que está aplicada por la variable independiente temperatura y que corresponde al coeficiente de determinación que es $0,936 = 94 \%$

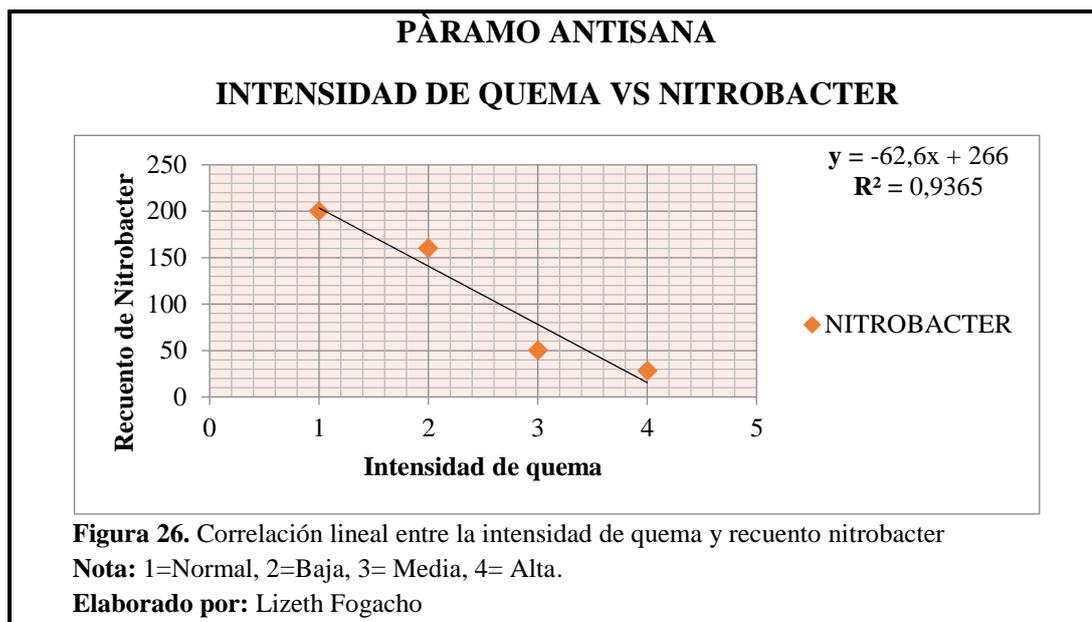
En este caso el valor de R coeficiente de Pearson es de 0,968, lo que nos expresa que existe un alto grado de correlación entre las variables temperatura del suelo y cantidad de actinomicetos, como lo indica la Tabla 20:

Tabla 20. Coeficiente de correlación lineal recuento de nitrobacter Páramo Antisana.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado
1	,968 ^a	,936	,905

Elaborado por: Lizeth Fogacho

Los resultados obtenidos presentan claramente una correlación inversa entre las variables temperatura y cantidad de nitrobacter en el Páramo Antisana. Este coeficiente de determinación obtenido determina que el 94% del cambio observado en el porcentaje de nitrobacter se debe al efecto de la intensidad de la quema del suelo. Que corresponde a que cuando el suelo está expuesto a mayor intensidad de quema disminuye la cantidad de nitrobacter, como se observa en la Figura 26:



En la Tabla 21 se determina el coeficiente de correlación lineal de las variables temperatura del suelo con la cantidad de nitrobacter en el Parque Metropolitano.

R^2 expresa la proporción de varianza de la variable dependiente cantidad de nitrobacter que está aplicada por la variable independiente temperatura y que corresponde al coeficiente de determinación que en este caso es de $0.910 = 91 \%$

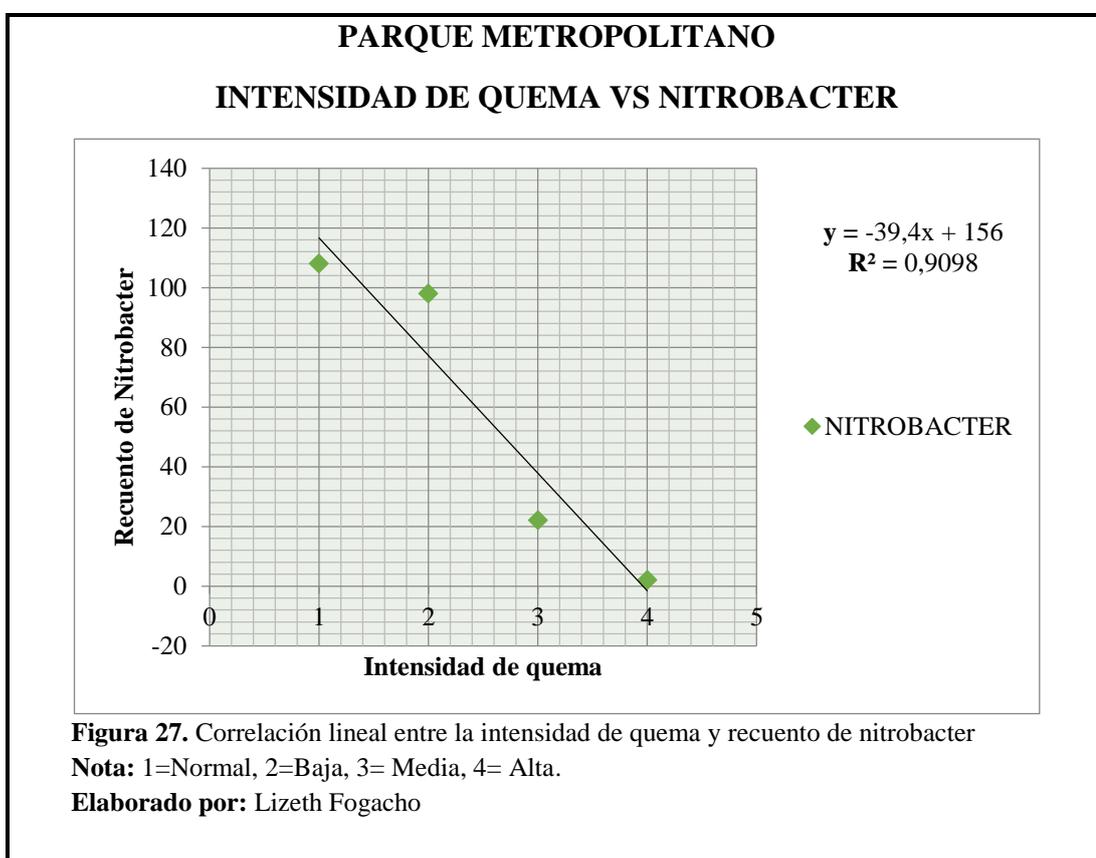
En este caso el valor de R coeficiente de Pearson es de 0.954, lo que nos expresa que existe un alto grado de correlación entre las variables temperatura y cantidad de actinomicetos. El R^2 corregida es más bajo con 0.865 que el coeficiente de determinación R^2 ya que hay pocos casos y una sola variable.

Tabla 21. Estadística descriptiva recuento de nitrobacter Parque Metropolitano.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado
1	,954 ^a	,910	,865

Elaborado por: Lizeth Fogacho

Los resultados obtenidos presentan claramente una correlación inversa entre las variables temperatura y cantidad de nitrobacter en el Parque Metropolitano. Este coeficiente de determinación obtenido determina que el 91% del cambio observado en el porcentaje de nitrobacter se debe al efecto de la intensidad de la quema del suelo. Que corresponde a que cuando el suelo está expuesto a mayor intensidad de quema disminuye la cantidad de nitrobacter, como se observa en la Figura 27:



Los gráficos de correlación lineal presentan visiblemente una correlación lineal negativa entre las variables intensidad de quema y recuento de nitrobacter en las dos localidades. El valor del coeficiente de determinación obtenido en el Páramo Antisana indica que el 93,65% del cambio observado en el recuento de nitrobacter se

debe al efecto de la severidad de quema. Por otro lado el valor del coeficiente de determinación obtenido en el Parque Metropolitano indica que el 90,98 % del cambio observado en el recuento de nitrobacter se debe al efecto de la severidad de la quema en esta localidad.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, se analizó que los suelos de los dos lugares de estudio, Páramo Antisana y Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito presentan cambios, desde las características iniciales de los suelos testigo sin tratamiento térmico hasta cambios significativos en su gran mayoría en aquellas muestras sometidas a altas temperaturas. Para la variable recuento de actinomicetos, de 15 UFC/gramo en el suelo sin tratamiento térmico, bajó drásticamente a 0 UFC/gramo en el suelo con tratamiento térmico de severidad alta.
- En el proceso de tratamiento térmico que se dio a las dos muestras de suelo Páramo Antisana y Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito se determinó que en ambos suelos se genera cambios en sus propiedades físicas, químicas y microbiológica, así: para la variable pH del Páramo Antisana se obtuvo un valor mínimo de 5,05 unidades y máximo de 7,25 unidades mientras que en el Parque Metropolitano se obtuvo un valor mínimo de 5,09 y máximo de 6,95 unidades, para la variable materia orgánica del Páramo Antisana se obtuvo un porcentaje mínimo de 9,85% y máximo de 28,31% mientras que para el Parque Metropolitano se obtuvo un porcentaje mínimo 0,93%. y máximo de 9,39%.

- El recuento en placa a profundidad de la muestra de suelo del Páramo Antisana de severidad alta, se obtuvo como resultado 3×10^3 UFC/gramo mientras que en el Parque Metropolitano de Quito fue de 28 UFC/gramo, con los resultados obtenidos se puede determinar que hay mayor cantidad de microorganismos en el suelo del Páramo Antisana por las condiciones del suelo.
- El recuento de Actinomicetos realizado en las muestras de suelo obtenidas y sometidas a tratamiento térmico del Páramo Antisana y Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito fue <30 UFC/gramo en ambas localidades, de lo cual se concluye que la afectación del tratamiento térmico influyó de igual forma a esta variable.

6.2.Recomendaciones

- Realizar un estudio específico de los microorganismos edáficos existentes en estos tipos de suelos, para determinar las comunidades microbiológicas capaces de resistir a las diferentes temperaturas generadas por los incendios forestales.
- Generar una base de datos de los diferentes incendios suscitados en el Páramo Antisana y Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito, para con ello tener un reporte de las áreas afectadas, y generar alternativas posibles para su restauración.

- Analizar las posibles comunidades de microorganismos edáficos que pueden ayudar a la restauración del suelo afectada por incendios forestales, para con ello tratar de recuperar ese suelo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURE, U. S. (1996). Determinación del pH y conductividad eléctrica del suelo. Obtenido de http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/medio_mod1.1.htm
- Agriculture, U. S. (2017). Natural Resources Conservation Service Soils . Obtenido de https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167
- Arellano Díaz, J., & Guzmán Pantoja, J. (2011). Ingeniería Ambiental. México: Alfaomega.
- Bashkin, V., & Radojevic, M. (2006). Practical Environmental Analysis. Cambridge CB4.
- Bergeys, D. (2000). Manual of the determinative bacteriology. Filadelfia: Novena edición.
- Chapin, Matson, & Mooney, H. (2002). Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. New York.
- Córdoba, F. d. (2014). Ecología Microbiana. Obtenido de <http://agro.unc.edu.ar/~microbiologia/wp-content/uploads/2014/04/unidad-4-ecologia.pdf>
- Dirección General de Protección Civil y Emergencias. (2010). Red de radio de emergencia. Obtenido de <http://www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm010.htm>
- El Comercio. (14 de Septiembre de 2016). Incendios forestales disminuyeron en este año. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Eroski Consumer. (15 de 09 de 2011). Consecuencias ecológicas de los incendios forestales . Obtenido de <http://www.consumer.es/web/es/medioambiente/naturaleza/2009/08/27/107605.php>
- FAO. (2010). Erosión y evaluación del suelo. Obtenido de http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/se/se_pres.pdf
- Fernández, A. P., & Carballas, T. (1998). Soil microbial and extractable C and N after wildfire. Alemania: sexta edición.
- Fernandez, I. (1997). Influencia de los incendios forestales sobre la materia orgánica edáfica. Santiago de Compostela.
- Fernández, T. C. (2004). Los Incendios Forestales. Galicia.
- Fontúrbel, M., Fernández, C., & Vega, J. (2016). Efectos a medio plazo de tratamientos de rehabilitación post-incendio en propiedades microbiológicas del suelo. Obtenido de

http://secforestales.org/publicaciones/index.php/cuadernos_secf/article/viewFile/17427/17228

- Galantini, J., Rosell, R., & Iglesias, J. (2004). CARBONO ORGÁNICO (Método de WALKLEY & BLACK). Obtenido de http://suelos.org.ar/publicaciones/vol_12n2/galanti.pdf
- Garretsen, F. (1948). The influence of the microorganism on the phosphate intake by the plant . New York : Plant and soil.
- Hernández, T., García, C., & Reindhart, I. (1997). Short-term effect of wildfire on the chemical, biochemical and microbiological properties of Mediterranean pine forest soil.Honduras: 5 edición.
- Ivami.com. (14 de 09 de 2016). Bacterias nitrificantes . Obtenido de <http://www.ivami.com/microbiologia-de-abonos-y-fertilizantes/2316>
- Mataix, J. (1999). Alteraciones físicas, químicas y biológicas en suelos afectados por incendios forestales. Contribucion a su conservación y regeneración. Obtenido de Biblioteca Virtual Miguel De Cervantes: <http://www.cervantesvirtual.com/obra/alteraciones-fisicas-quimicas-y-biologicas-en-suelos-afectados-por-incendios-forestales-contribucion-a-su-conservacion-y-regeneracion--0/>
- Mataix, S., & Antonio, J. (2010). Actualizacion en métodos y técnicas para el estudio de los suelos afectados por incendios forestales. Càtedra de Divulgació de la Ciència. Universitat de València. FUEGORED 2010.
- Navarra, U. (2015). Microbiología General. Obtenido de http://www.unavarra.es/genmic/microgral/01_morfologia_y_estructura.pdf
- Osorio, N. (2000). Aislamiento y evaluación in vitro de microorganismos solubilizadores de fosforo en suelos tropicales . Bogota: Facultad de Agronomía.
- Porrero Rodríguez, M. (2001). Incendios forestales, investigación de causas. Madrid: Mundi-prensa.
- Porrero-Rodríguez, M. (2001). Incendios forestales, investigación de causas . Madrid: Mundi-prensa.
- Prescott, H. K. (2010). Microbiología. España: McGraw Hil.
- Rodríguez, H. (2002). Aislamiento e identificación de hongos solubilizadores de fosfatos aislados de cultivos de arroz y evaluación del PH y concentraciones de sacarosa y cloruro de sodio sobre su actividad solubilizadora. Bogotá: Norma.
- Sáenz, D. (04 de 09 de 2006). Obtenido de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis258.pdf>
- Salih, H., Yahya, A., Rahem, A., & Munam. (1989). Availability of phosphorus in a calcareous soil treated with rock-phosphate or superphosphate as affected by phosphate-dissolving fungi.New York: doceava edición.

- Sánchez, M. d. (2004). Microbiología de suelos Técnicas, métodos y medios de cultivo. México: PAPIME: EN216403.
- Stevens, F., & Cole, M. (2009). Cycles of soil. Nitrogen, Phosphorus, sulfur, Micronutrients. New York USA: Segunda edición.
- Vargas, R. (2009). Guía para la descripción de suelos. Roma: FAO SWALIM.
- Vásquez, F. J., & Carballas, T. (1993). Soil microbial population after wildfire. USA: fems.
- Yépez, A. J. (2013). Incidencia de los riesgos naturales y antròpicos que ocasionan los incendios forestales en el DMQ. Quito: ESPE.

8. ANEXOS.

Anexo 1. Fotografía lugares de estudio.



a) Páramo Antisana

b) Parque Metropolitano de Quito

Anexo 2. Fotografía toma de muestras de suelo.



a) Paramo Antisana

b) Parque Metropolitano de Quito

Anexo 3. Fotografía materiales de muestreo.



Anexo 4. Tabla de tratamiento térmico del suelo en el horno a severidad baja.

TRATAMIENTO TÉRMICO DEL PÁRAMO ANTISANA										
Severidad	Nº de Muestra	Peso del crisol (g)	Peso inicial de la muestra (g)	Altura de la muestra (cm)	Tiempo de quema (s)	Tiempo de medición (s)	Temperatura (°C)	Peso del crisol + suelo (g)	Peso final de la muestra (g)	Perdida de sustrato (g)
Baja	1	68,8414	50,0005	2,4	40	98	112	111,1948	42,3534	7,6471
Baja	2	67,7952	50,0007	2,4	40	44	141,6	111,6088	43,8136	6,1871
Baja	3	73,0845	50,0005	2,4	40	95	82	118,1173	45,0328	4,9677
Baja	4	66,0176	50,0002	2,5	40	49	110,9	110,0289	44,0113	5,9889
Baja	5	64,1896	50,0001	2,3	40	49	155	107,6583	43,4687	6,5314
Baja	6	72,4147	50,0002	2,5	40	36	153,6	116,5845	44,1698	5,8304
Baja	7	73,2032	50,0017	2,4	40	33	161	117,4743	44,2711	5,7306
Baja	8	64,5546	50,0003	2,5	40	40	140	108,3773	43,8227	6,1776
Baja	9	60,2068	50,0014	2	40	39	125,3	104,1247	43,9179	6,0835
Baja	10	68,237	50,0001	2,3	40	34	185,3	111,98	43,743	6,2571
Baja	11	68,263	50,0002	2	40	33	125	110,9007	42,6377	7,3625
Baja	12	68,0841	50,0002	2	40	34	177,9	110,8417	42,7576	7,2426

Anexo 5. Tabla de tratamiento térmico del suelo en el horno a severidad media.

TRATAMIENTO TÉRMICO DEL PÁRAMO ANTISANA										
Severidad	Nº de Muestra	Peso del crisol (g)	Peso inicial de la muestra (g)	Altura de la muestra (cm)	Tiempo de quema (s)	Tiempo de medición (s)	Temperatura (°C)	Peso del crisol + suelo (g)	Peso final de la muestra (g)	Perdida de sustrato (g)
Media	1	64,7263	50,0006	2,1	160	90	278	99,3902	34,6639	15,3367
Media	2	62,531	50,0007	2,1	160	21	273	97,2629	34,7319	15,2688
Media	3	78,682	50,0009	2,2	160	67	257	113,9274	35,2454	14,7555
Media	4	72,1556	50,0005	2,2	160	73	213	106,7841	34,6285	15,372
Media	5	69,8359	50,001	2,2	160	27	248	105,1538	35,3179	14,6831
Media	6	70,7264	50,001	2,2	160	25	285,6	106,3159	35,5895	14,4115
Media	7	67,2089	50,0014	2,1	160	69	363,7	102,0264	34,8175	15,1839
Media	8	66,5245	50,0003	2,2	160	116	217,1	101,557	35,0325	14,9678
Media	9	60,2126	50,0003	2	160	56	313	95,6754	35,4628	14,5375
Media	10	68,2385	50,0004	2,3	160	90	303	104,0742	35,8357	14,1647
Media	11	68,2656	50,0009	2,1	160	67	275,1	103,73	35,4644	14,5365
Media	12	68,0865	50,0001	2,1	160	56	281,6	103,6754	35,5889	14,4112

Anexo 6. Tabla de tratamiento térmico del suelo en el horno a severidad alta.

TRATAMIENTO TÉRMICO DEL PÁRAMO ANTISANA										
Severidad	Nº de Muestra	Peso del crisol (g)	Peso inicial de la muestra (g)	Altura de la muestra (cm)	Tiempo de quema (s)	Tiempo de medición (s)	Temperatura (°C)	Peso del crisol + suelo (g)	Peso final de la muestra (g)	Perdida de sustrato (g)
Alta	1	66,5297	50,0001	2,3	240	69	336,2	99,1744	32,6447	17,3554
Alta	2	73,0954	50,0001	2	240	91	442	105,4203	32,3249	17,6752
Alta	3	72,4241	50,0001	2,1	240	43	579,3	104,9484	32,5243	17,4758
Alta	4	64,1947	50,0001	2,1	240	39	556,3	96,0728	31,8781	18,122
Alta	5	76,8069	50,0001	2,2	240	44	542,2	109,2926	32,4857	17,5144
Alta	6	72,1575	50,0001	2,3	240	19	523,4	104,78	32,6225	17,3776
Alta	7	64,561	50,0001	2,1	240	33	628,6	96,796	32,235	17,7651
Alta	8	60,2135	50,0001	2	240	30	598,3	92,7363	32,5228	17,4773
Alta	9	68,2701	50,0001	2	240	23	558,9	100,2003	31,9302	18,0699
Alta	10	68,2424	50,0001	2,2	240	53	573,2	100,1951	31,9527	18,0474
Alta	11	73,2033	50,0001	2,3	240	34	594,8	104,9799	31,7766	18,2235
Alta	12	68,0943	50,0001	2,1	240	29	615,3	99,9383	31,844	18,1561

Anexo 7. Tabla de tratamiento térmico del suelo en el horno a severidad baja.

TRATAMIENTO TÉRMICO DEL PARQUE METROPOLITANO										
Severidad	Nº de Muestra	Peso del crisol (g)	Peso inicial de la muestra (g)	Altura de la muestra (cm)	Tiempo de quema (s)	Tiempo de medición (s)	Temperatura (°C)	Peso del crisol + suelo (g)	Peso final de la muestra (g)	Perdida de sustrato (g)
Baja	1	64,7242	50,0002	1,6	20	39	193	111,1546	46,4304	3,5698
Baja	2	62,5323	50,0001	1,5	20	30	164,9	109,0925	46,5602	3,4399
Baja	3	78,6862	50,0003	1,7	20	39	140,2	124,9389	46,2527	3,7476
Baja	4	72,1562	50,0005	1,7	20	38	130	118,9424	46,7862	3,2143
Baja	5	69,8364	50,0007	1,6	20	27	183,9	115,6711	45,8347	4,166
Baja	6	70,7275	50,0005	1,7	20	37	162,1	116,8786	46,1511	3,8494
Baja	7	67,2116	50,0004	1,6	20	31	137,6	113,6597	46,4481	3,5523
Baja	8	66,5258	50,0005	1,8	20	33	147,3	113,0001	46,1428	3,8577
Baja	9	60,2091	50,0009	1,8	20	31	177,7	106,5103	46,3012	3,6997
Baja	10	68,2384	50,0001	1,6	20	25	183,2	114,4125	46,1741	3,826
Baja	11	68,266	50,0006	1,9	20	29	177,9	114,8184	46,5524	3,4482
Baja	12	68,0903	50,0002	1,7	20	27	162,3	113,9748	45,8845	4,1157

Anexo 8. Tabla de tratamiento térmico del suelo en el horno a severidad media.

TRATAMIENTO TÉRMICO DEL PARQUE METROPOLITANO										
Severidad	Nº de Muestra	Peso del crisol (g)	Peso inicial de la muestra (g)	Altura de la muestra (cm)	Tiempo de quema (s)	Tiempo de medición (s)	Temperatura (°C)	Peso del crisol + suelo (g)	Peso final de la muestra (g)	Perdida de sustrato (g)
Media	1	64,7251	50,0003	1,9	160	96	250,1	109,1284	44,4033	5,597
Media	2	62,5321	50,0008	1,9	160	32	220	107,0406	44,5085	5,4923
Media	3	73,091	50,0006	2	160	56	279	117,3307	44,2397	5,7609
Media	4	66,0187	50,0006	1,8	160	52	262,9	110,8091	44,7904	5,2102
Media	5	64,1902	50,0005	1,9	160	89	306,6	108,664	44,4738	5,5267
Media	6	72,4193	50,0006	1,9	160	92	277	116,8896	44,4703	5,5303
Media	7	73,2056	50,0008	1,9	160	33	299	112,8685	39,6629	10,3379
Media	8	64,5557	50,0001	2	160	14	315	109,4604	44,9047	5,0954
Media	9	60,2113	50,0001	2	160	11	350	104,7594	44,5481	5,452
Media	10	68,2397	50,0006	1,8	160	79	346	112,869	44,6293	5,3713
Media	11	68,267	50,0008	1,9	160	40	380	112,7804	44,5134	5,4874
Media	12	68,091	50,0006	1,9	160	36	331,4	112,6308	44,5398	5,4608

Anexo 9. Tabla de tratamiento térmico del suelo en el horno a severidad alta

TRATAMIENTO TÉRMICO DEL PARQUE METROPOLITANO										
Severidad	Nº de Muestra	Peso del crisol (g)	Peso inicial de la muestra (g)	Altura de la muestra (cm)	Tiempo de quema (s)	Tiempo de medición (s)	Temperatura (°C)	Peso del crisol + suelo (g)	Peso final de la muestra (g)	Perdida de sustrato (g)
Alta	1	67,2108	50,0001	1,8	240	31	678	112,3112	45,1004	4,8997
Alta	2	68,8505	50,0007	1,8	240	35	673,6	114,037	45,1865	4,8142
Alta	3	70,7285	50,0001	1,9	240	26	649	115,7178	44,9893	5,0107
Alta	4	73,2074	50,0004	1,9	240	37	647	118,4549	45,2475	4,7529
Alta	5	66,0229	50,0004	1,8	240	26	692	111,2231	45,2002	4,8002
Alta	6	64,561	50,0005	1,9	240	33	683	109,73	45,169	4,8315
Alta	7	64,73	50,0003	2	240	59	679	109,9065	45,1765	4,8238
Alta	8	78,6805	50,0001	1,8	240	50	682	123,8517	45,1712	4,8289
Alta	9	68,0919	50,0006	1,8	240	32	697	113,2384	45,1465	4,8541
Alta	10	66,5275	50,0005	1,8	240	20	695	111,5678	45,0403	4,9602
Alta	11	60,2133	50,0009	1,9	240	26	629	105,2086	44,9953	5,0056
Alta	12	72,157	50,0002	1,8	240	28	683	117,1972	45,0402	4,96

Anexo 10. Gráfica del tiempo que se sometió al fuego las muestras de suelo



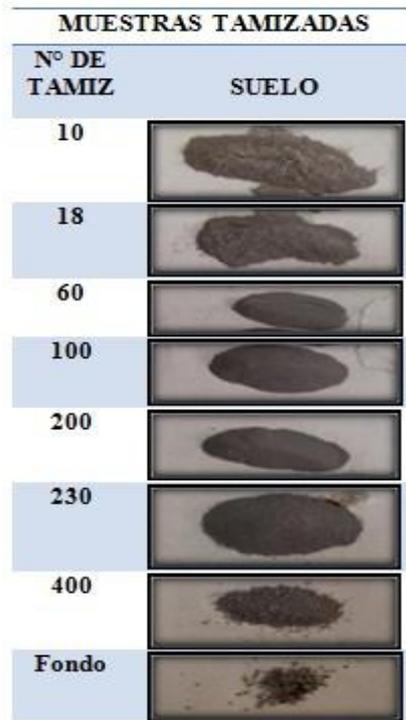
Anexo 11. Fotografía de tratamiento térmico en las muestras de suelo.



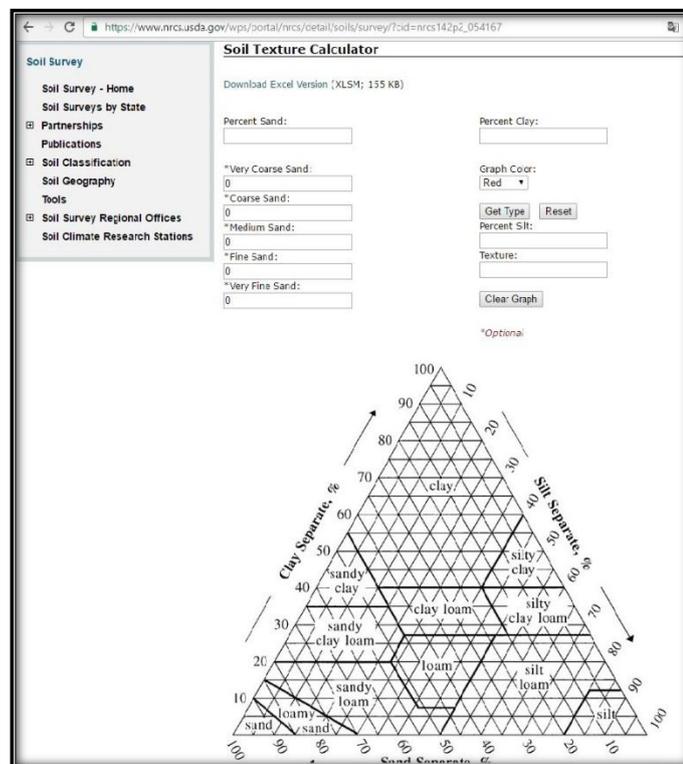
Anexo 12. Fotografía de suelos antes y después del tratamiento térmico.



Anexo 13. Fotografía de la clasificación de las muestras después de tamizado el suelo. Parque Metropolitano de Quito y Páramo Antisana.



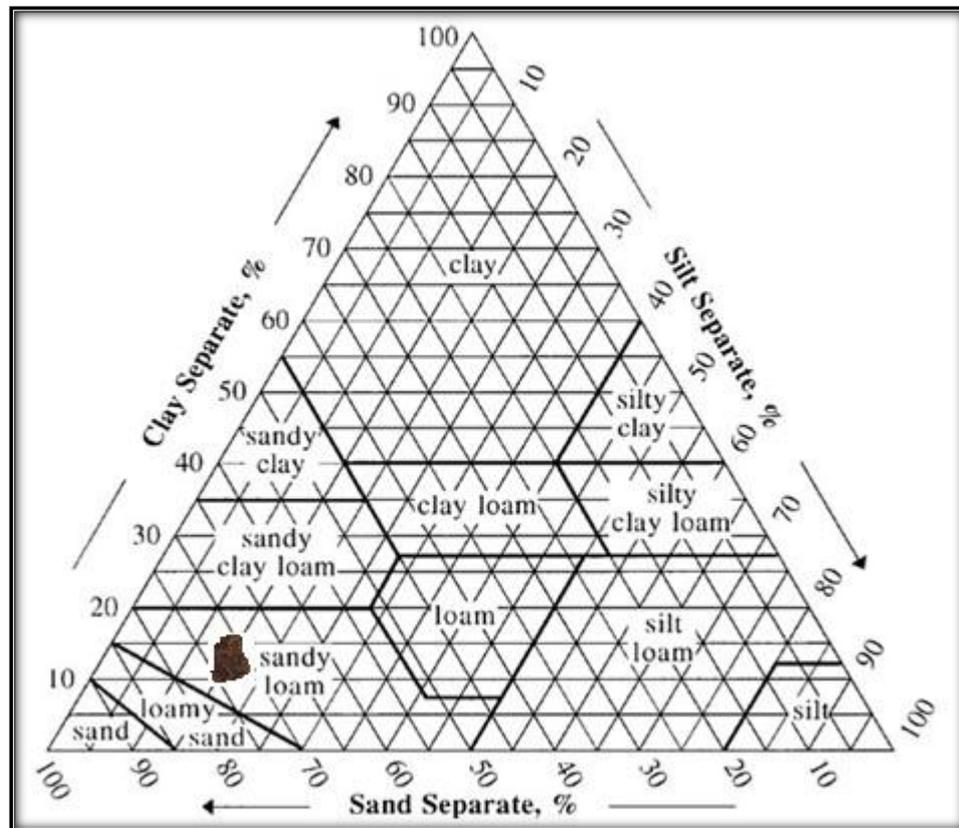
Anexo 14. Programa utilizado para determinar el tipo de suelo según los porcentajes obtenidos en el tamizado.



Anexo 15. Tabla de textura del suelo Páramo Antisana sin tratamiento térmico.

Tipo de textura	Peso	Tipo de suelo
Grava fina	0,1	Franco arenoso
Arena muy gruesa	2	
Arena media	75,50	
Arena fina	31,57	
Arena muy fina	37,80	
Limo grueso	28,63	
Partículas finas	24	

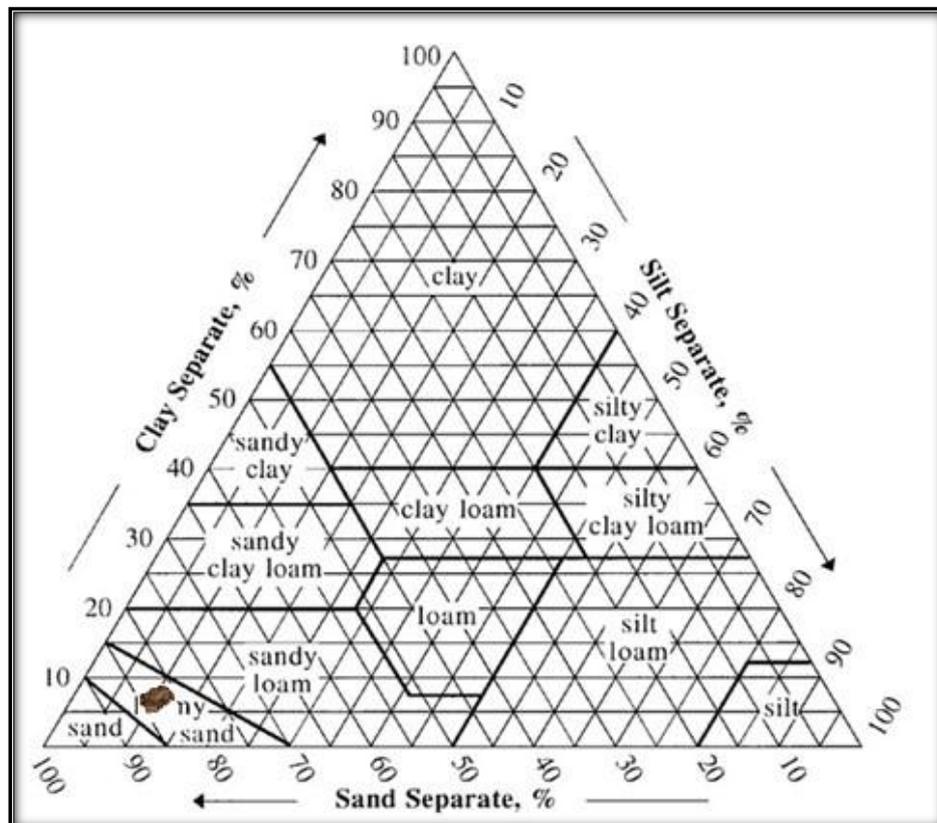
Anexo 16. Triangulo de ubicación de textura según los porcentajes obtenidos



Anexo 17. Tabla de textura del suelo Páramo Antisana con tratamiento térmico.

Tipo de textura	Peso promedio	Tipo de suelo
Grava fina	0,10	Arenoso franco
Arena muy gruesa	54,10	
Arena media	74,23	
Arena fina	19,73	
Arena muy fina	22,93	
Limo grueso	15,40	
Partículas finas	13,43	

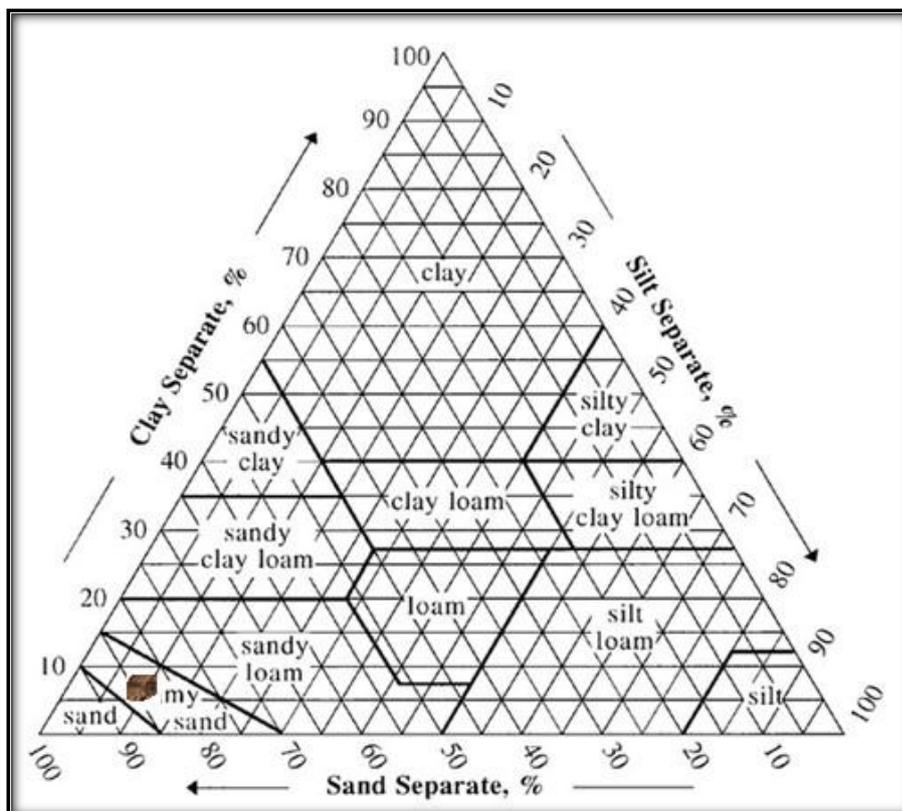
Anexo 18. Triángulo de ubicación de textura según los porcentajes obtenidos



Anexo 19. Tabla de textura del suelo Parque Metropolitano sin tratamiento térmico.

Tipo de textura	Peso promedio	Tipo de suelo
Grava fina	56,40	Arenoso franco
Arena muy gruesa	32,47	
Arena media	47,43	
Arena fina	17,70	
Arena muy fina	18,47	
Limo grueso	14,73	
Partículas finas	12,93	

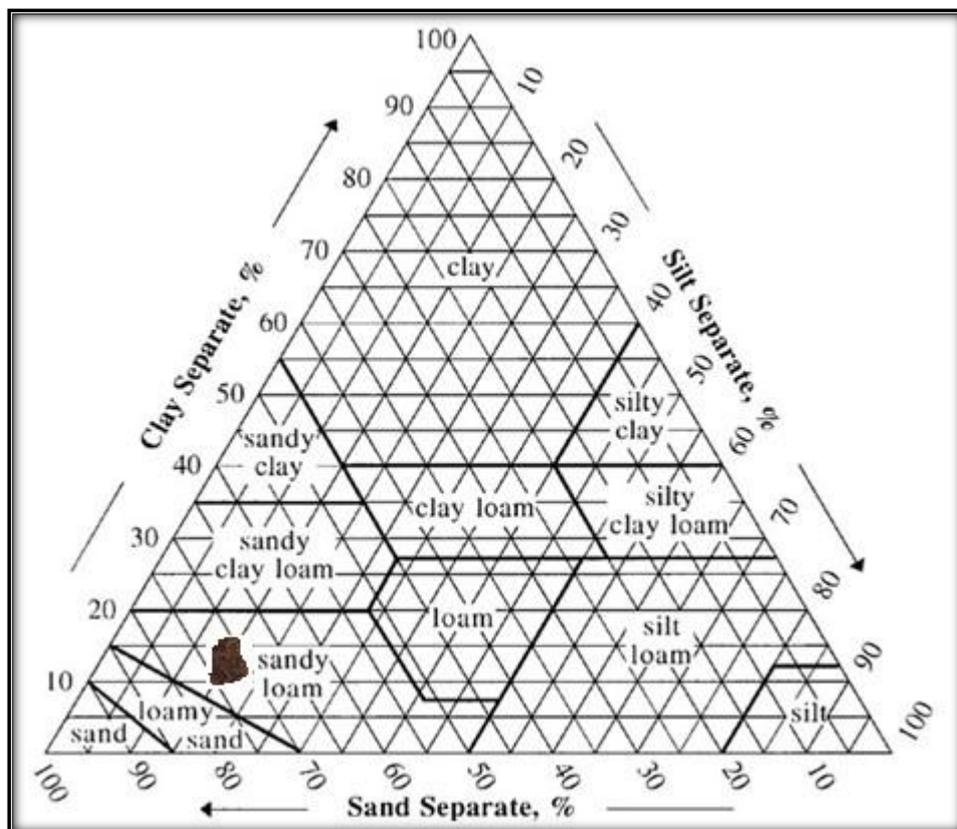
Anexo 20. Triangulo de ubicación de textura según los porcentajes obtenidos



Anexo 21. Tabla de textura del suelo Parque Metropolitano con tratamiento térmico.

Tipo de textura	Peso promedio	Tipo de suelo
Grava fina	0,03	Franco arenoso
Arena muy gruesa	16,80	
Arena media	70,77	
Arena fina	30,67	
Arena muy fina	31,77	
Limo grueso	27,63	
Partículas finas	22,27	

Anexo 22. Triángulo de ubicación de textura según los porcentajes obtenidos



Anexo 23. Medio de cultivo para Nitrobacter

REACTIVO	CANTIDAD
MgSO ₄ .7H ₂ O	0.1 g
NaHCO ₃	0.5 g
Na ₂ HPO ₄	13.5 g
KH ₂ PO ₄	0.7 g
FeCl ₃ .6H ₂ O	0.014 g
CaCl ₂ .2H ₂ O	0.18 g
(NH ₄) ₂ SO ₄	0.5 g
Agua destilada	1000 ml

Anexo 24. Fotografía de la preparación de muestras de suelo para los análisis microbiológicos



Anexo 25. Fotografía de la preparación de muestras de suelos diluidas.



Anexo 26. Fotografía del recuento bacteriano de las muestras de suelo sin tratamiento térmico. Parque Metropolitano.



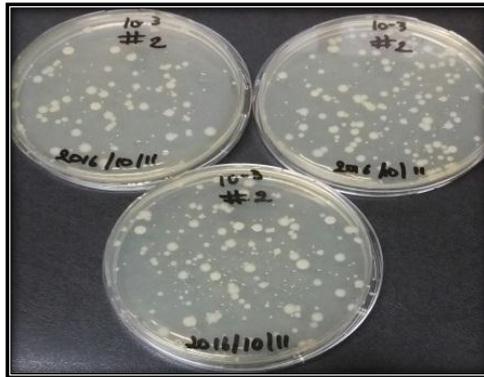
Anexo 27. Fotografía del recuento bacteriano de las muestras de suelo sin tratamiento térmico. Páramo Antisana.



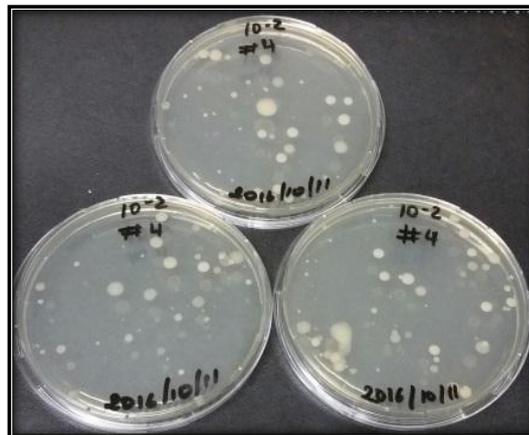
Anexo 28. Fotografía del recuento bacteriano de las muestras de suelos con tratamiento térmico severidad alta.



Anexo 29. Fotografía del recuento bacteriano de las muestras de suelos con tratamiento térmico severidad media.



Anexo 30. Fotografía del recuento en placa a profundidad de las muestras de suelos con tratamiento térmico severidad baja.



Anexo 31. Fotografía del recuento de actinomicetos en las muestras de suelos con tratamiento térmico severidad alta.

