



Universidad de Carabobo
Facultad Experimental de Ciencia y Tecnología
Departamento de Química



**Estudio de la capacidad del suelo para la degradación de
aceites comestibles usados y su incorporación como
materia orgánica**

Trabajo Especial de Grado

Autor: Francisco Montoya

Valencia, octubre de 2012



Universidad de Carabobo
Facultad Experimental de Ciencia y Tecnología
Departamento de Química



**Estudio de la capacidad del suelo para la degradación de
aceites comestibles usados y su incorporación como
materia orgánica**

Trabajo Especial de Grado como requisito parcial para optar por el título
de licenciado en química.

Autor: Francisco Montoya

C.I: 18748654

Tutor: Arnaldo Armado

Valencia, Octubre, 2012

Agradecimientos

Primeramente a dios por darme la vida.

A mis padres Alba Victora y Antonio Montoya por su dedicación en inculcarme los mejores valores y brindarme todo su amor, cariño y apoyo a lo largo de toda mi vida, por enseñarme los valores de respeto y responsabilidad y sobre todo el deseo de superación y alcanzar mis metas. Por eso y mucho mas están en mi corazón los amo y este es también su triunfo.

A mi familia, mi hermano Alber, mi hermana Jeivi, mi tia Daris Victora, mi primo Miguel Aular por creer en mi y ayudarme.

A mi tutor Arnaldo Armado, por ser de gran ayuda y darme todas las herramientas y consejos necesarios para la realización de este trabajo de grado y por todas las enseñanzas brindadas en la carrera.

A mis compañeras de laboratorio con las cuales compartir buenos momentos gracias por soportarme Susan Piñero, Cáterin Sánchez.

A los técnicos de laboratorio Dioletys, Beatriz, Humberto y a Sikleb Noguera cuyo carácter me ayudo a mejorar en muchas cosas.

A mis amigos de toda la vida Ibrahim Mavares, Daniel Acosta, Ángel Alcalá, Miguel Fernández, Gustavo Uribe, Teofilo Vélez gracias por su amistad incondicional y su apoyo en las buenas y las malas.



Universidad de Carabobo
Facultad Experimental de Ciencia y Tecnología
Departamento de Química



Estudio de la capacidad del suelo para la degradación de aceites comestibles usados y su incorporación como materia orgánica

Octubre, 2012

Autor: Francisco Montoya

Tutor: Arnaldo Armado

Resumen

La producción de aceites comestibles usados en establecimientos de comidas rápidas, ha aumentado, por lo que a este desecho contaminante se le ha buscado una alternativa ecológica para su disposición final, en dos diferentes tipos de suelos, uno perteneciente a una zona industrial y otro a una zona agrícola, preparando con estos suelos sistemas suelo-aceite a distintos porcentajes y midiéndose las variaciones de las propiedades químicas y biológicas después de un periodo de tres meses y comparandoras con un suelo control (sin aceite). Con respecto a las propiedades químicas se observaron cambios significativos en todas sus propiedades (Capacidad de intercambio cationico, pH, conductividad, %materia organica); Acerca de las propiedades químicas como el pH y la conductividad eléctrica se observó una disminución del pH a medida que el porcentaje de aceite comestible usado era mayor, desde $5,22 \pm 0,06$ hasta $3,76 \pm 0,08$ para el suelo de Tinaquillo y desde $6,33 \pm 0,08$ hasta $4,15 \pm 0,03$ para el suelo de Tocuyito. La conductividad aumentó con una correlación de 0,4958 para Tinaquillo y de 0,9221 para el suelo de Tocuyito con respecto a la materia organica. La actividad microbiológica (respiración basal), en suelos contaminados con aceite comestible usado, se determinó empleando el método de incubaciones estáticas siguiendo el desprendimiento de CO_2 por la actividad de los microorganismos del suelo durante 32 días obteniéndose valores para los suelos control de (269 ± 3) mg para el suelo de Tinaquillo y (105 ± 10) para el suelo de Tocuyito, los mayores valores de actividad microbiana se presenciaron en los sistemas al 5% de aceite de ambos suelos (914 ± 24) mg para el suelo de Tinaquillo; (944 ± 23) mg para el suelo de Tocuyito.

La biomasa microbiana se determinó empleando el método de respiración inducida por sustrato (RIS) en donde hubo un aumento positivo de la biomasa para ambos suelos en comparación con el suelo control (26 ± 6) mg para Tinaquillo y (56 ± 27)mg para Tocuyito los mayores valores se presentaron en los sistemas a un porcentaje de 5% de aceite donde los valores del suelo de Tinaquillo fue de (59 ± 7)mg y para el suelo de Tocuyito (116 ± 42)mg siendo este el porcentaje donde hubo mayor desarrollo de la biomasa para ambos suelos. A partir de los resultados de actividad microbiana y la biomasa microbiana se calculo el coeficiente metabólico siendo el mayor valor obtenido para Tinaquillo en los sistemas a un porcentaje de 15% de aceite, con un valor de $0,04 \pm 0,02$ y para el suelo de tocuyito en un intervalo de (10-15)% de aceite ($0,012 \pm 0,004$ a $0,013 \pm 0,003$). En el análisis de la diversidad microbiológica se observó que el aceite comestible genera una disminución de la diversidad de las comunidades microbianas y solo los más fuertes o con mejor adaptación al contaminante debieron haber sobrevivido. Con respecto a la tasa de degradación se obtuvo que en todos los sistemas suelo-aceite hay una alta degradación de aceite comestible usado por encima del 50% del aceite agregado originalmente. Se observó que todos los cambios fueron positivos a un porcentaje de 5% de aceite agregado para ambos suelos siendo este la cantidad de aceite adecuada, sin embargo, hasta un porcentaje máximo del 15% el suelo presenta cambios positivos con respecto al suelo control.

Palabras claves: Respiracion del suelo, Biomasa microbiana, coeficiente metabolico.



Universidad de Carabobo

Facultad Experimental de Ciencia y Tecnología

Departamento de Química

Study of the ability of soil to degradation of edible oils used and its incorporation as organic matter

Octubre, 2012

Autor: Francisco Montoya

Tutor: Arnaldo Armado

ABSTRACT

The production of edible oils used in fast food establishments has increased, so this waste contaminant has sought a green alternative for disposal, in two different soil types, one belonging to an industrial area and another to an agricultural area, preparing these oil soil-soil at different rates and measured variations in chemical and biological properties after a period of three months and a ground comparadoras control (without oil). With regard to the chemical properties significant changes in all properties (cation exchange capacity, pH, conductivity,% organic matter); About chemical properties as the pH and electrical conductivity was observed a pH decrease as the percentage of used cooking oil was increased from 5.22 ± 0.06 to 3.76 ± 0.08 for the soil and from 6.33 ± 0.08 to 4.15 ± 0.03 for the ground Tocuyito. The conductivity increased with a correlation of 0.4958 to 0.9221 for Tinaquillo and Tocuyito floor regarding organic matter. Microbiological activity (basal respiration) in soil contaminated with edible oil used is determined using the method of static incubations following the release of CO₂ by the activity of soil microorganisms for 32 days obtaining values for the control of soil (269 ± 3) mg for Tinaquillo floor and (105 ± 10) for Tocuyito floor, the highest values of microbial activity was witnessed in systems 5% oil both soils (914 ± 24) mg for soil Tinaquillo , (944 ± 23) mg for Tocuyito floor. Microbial biomass was determined using the method of substrate-induced respiration (RIS) where there was a positive increase in biomass for both soils compared to control soil (26 ± 6) mg for Tinaquillo and (56 ± 27) mg

for Tocuyito showed the highest values in the system at a rate of 5% oil soil where values of Tinaquillo was (59 ± 7) and to the ground mg Tocuyito (116 ± 42) mg being the percentage where there further development of biomass for both soils. From the results of microbial activity microbial biomass and the metabolic rate was calculated to be the largest value obtained for systems Tinaquillo in a percentage of 15% oil, with a value of 0.04 ± 0.02 and for the Tocuyito ground in a range of (10-15)% oil $(0.012 \pm 0.004$ to $0.013 \pm 0.003)$. In the analysis of microbial diversity was observed that the edible oil produces a decrease in the diversity of microbial communities and only the strongest or best adaptation to the contaminant must have survived. With regard to the degradation rate was obtained in all systems is a floor-high oil degradation of used cooking oil above 50% of the originally added oil. It was observed that all the changes were positive at a rate of 5% oil added to both soils and this the proper amount of oil, however, up to a maximum percentage of 15% soil presents positive change from the soil control.

.

Key words: respiration of soil, microbial biomass, metabolic ratio.

Índice general

	Páginas
Resumen	IV
Abstract	VI
Introducción	1
Capítulo I. Formulación del problema	
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivos	5
1.3 Justificación	6
Capítulo II. Marco teórico	
2.1 Antecedentes	8
2.2 Bases teóricas	10
Capítulo III. Marco metodológico	
3.1 Preparación de muestras	17
3.2. Caracterización química del suelo	18
3.3 Tasa de degradación	21
3.4. Actividad microbiológica	22
3.5. Carbono microbiano	23
3.6. Coeficiente metabólico	25
3.7. Perfiles de ácidos grasos esterificados	25
3.8. Análisis estadísticos	26

Capitulo IV	Discusión de resultados	
4.1	Caracterización química	28
4.2	Tasa de degradación	33
4.3	Actividad microbiológica	35
4.4	Biomasa microbiana	38
4.5	Coeficiente metabolico	40
4.6	Perfiles de ácidos grasos esterificados	42
Capitulo V		
5.1	Conclusiones	47
5.2	Recomendaciones	49
	Referencias Bibliograficas	50
	Apendice	56

Índice de Tablas

Tabla 1. Tipos de materia orgánica en el suelo (Jaramillo, 2002).	10
Tabla 2. Ácidos grasos metil-esterificados presente en diversos microorganismos.	27
Tabla 3. Propiedades químicas de los suelos estudiados.	28
Tabla 4. Tasa de degradación de los sistemas suelo-aceite de los suelos en estudio.	34
Tabla 5. Actividad microbiológica de los suelos en estudio	35
Tabla 6. Biomasa microbiana por el método R.I.S.	38
Tabla 7. Coeficiente metabólico de los suelos en estudio.	40
Tabla 8. Estadísticas de la C.I.C Tinaquillo.	56
Tabla 9. Pruebas de múltiples rango C.I.C Tinaquillo	56
Tabla 10. Estadísticas de la C.I.C Tocuyito	57
Tabla 11. Pruebas de múltiples rango C.I.C Tocuyito	58
Tabla 12. Estadísticas del pH del suelo de Tinaquillo.	58
Tabla 13. Pruebas de múltiples rango pH Tinaquillo	59
Tabla 14. Estadísticas del pH del suelo de Tocuyito	59
Tabla 15. Pruebas de múltiples rango pH Tocuyito	60
Tabla 16. Estadísticas conductividad eléctrica suelo Tinaquillo	61
Tabla 17. Pruebas de múltiples rango conductividad eléctrica del suelo Tinaquillo	61
Tabla 18. Estadísticas de la conductividad eléctrica del suelo de Tocuyito.	62
Tabla 19. Pruebas de múltiples rango conductividad eléctrica del suelo Tocuyito	63
Tabla 20. Estadísticas del porcentaje de materia orgánica total del suelo de Tinaquillo.	63
Tabla 21. Pruebas de múltiples rangos del porcentaje de materia orgánica total del suelo de Tinaquillo	64
Tabla 22. Estadísticas del porcentaje de materia orgánica total del suelo de Tocuyito.	64

Tabla 23. Pruebas de múltiples rangos del porcentaje de materia orgánica total del suelo de Tocuyito.	65
Tabla 24. Estadísticas de la tasa de degradación del suelo de Tinaquillo.	66
Tabla 25. Pruebas de múltiples rangos de la tasa de degradación del suelo de Tinaquillo	66
Tabla 26. Estadísticas de la tasa de degradación del suelo de Tocuyito.	67
Tabla 27. Pruebas de múltiples rangos de la tasa de degradación del suelo de Tocuyito.	67
Tabla 28. Cantidad de CO ₂ liberado por 32 días (gCO ₂ /Kg suelo) Tinaquillo.	68
Tabla 29. Estadísticas actividad microbológica de Tinaquillo	68
Tabla 30. prueba de múltiples rangos para la actividad microbiana del suelo de Tinaquillo	68
Tabla 31. Cantidad de CO ₂ liberado por 32 días (gCO ₂ /Kg suelo) Tocuyito.	69
Tabla 32. Estadísticas actividad microbológica Tocuyito	69
Tabla 33. Prueba de múltiples rangos para la actividad microbiana del suelo de Tocuyito	70
Tabla 34. Estadísticas de la biomasa microbiana del suelo de Tinaquillo.	70
Tabla 35. Prueba de múltiples rangos para la biomasa microbiana del suelo de Tinaquillo.	71
Tabla 36. Estadísticas de la biomasa microbiana del suelo de Tocuyito.	72
Tabla 37. Prueba de múltiples rangos para la biomasa microbiana del suelo de Tocuyito.	72
Tabla 38. Estadísticas del coeficiente metabólico de Tinaquillo	73
Tabla 39. Prueba de múltiples rangos coeficiente metabólico Tinaquillo.	73
Tabla 40. Estadísticas del coeficiente metabólico de Tocuyito	74
Tabla 41. Prueba de múltiples rangos coeficiente metabólico Tocuyito.	74
Tabla 42. Correlación lineal de pearson para el suelo de Tinaquillo ($p < 0,05$ N=30)	75
Tabla 43. Correlación lineal de pearson para el suelo de Tocuyito ($p < 0,05$ N=30)	76

Tabla 44. Gramos de calcio y magnesio obtenido en el lixiviado para el suelo de Tinaquillo.	77
Tabla 45. Gramos de calcio y magnesio obtenido en el lixiviado para el suelo de Tocuyito.	77
Tabla 46. Correlación lineal de pearson para el suelo de Tinaquillo con respecto al Ca^{+2} y Mg^{+2} ($p < 0,05$ $N=30$)	78
Tabla 47. Correlación lineal de pearson para el suelo de Tocuyito con respecto al Ca^{+2} y Mg^{+2} ($p < 0,05$ $N=30$)	78
Tabla 48. Correlación lineal de pearson para la relación entre la biomasa y los ácidos grasos metil esterificados relacionados a microorganismos del suelo de Tinaquillo ($p < 0,05$ $N=6$)	79
Tabla 49. Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo control Tinaquillo	79
Tabla 50. Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 5%	80
Tabla 51. Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 5% duplicado	81
Tabla 52. Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 10%	82
Tabla 53. Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 10% duplicado.	83
Tabla 54 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 15%	84
Tabla 55 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 15% duplicado.	85
Tabla 56 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 30%	86
Tabla 57 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 30% duplicado	87
Tabla 58 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 50%	88
Tabla 59 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 50% duplicado	89
Tabla 60 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en el aceite comestible usado.	90

Índice de Figuras

Figura 1. Esquema del terreno donde se realizo el muestreo (Tocuyito)	17
Figura 2. Agitador orbital AO-400 BUNSEN	20
Figura 3. Actividad microbiológica del suelo de Tinaquillo	37
Figura 4. Actividad microbiológica del suelo de Tocuyito	37
Figura 5. Cromatograma suelo control Tinaquillo	44
Figura 6. Cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 5%	44
Figura 7. Principales ácidos grasos de los microorganismos estudiados	45
Figura 8. Cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 5% duplicado	80
Figura 9. Cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 10%	81
Figura 10. Cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 10% duplicado	83
Figura 11. Cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 15%	84
Figura 12. Cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 15% duplicado	85
Figura 13. Cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 30%	86
Figura 14. Cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 30% duplicado	87
Figura 15 Cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 50%	88
Figura 16 Cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 50% duplicado	89
Figura 17 Cromatograma Aceite comestible usado.	90

Introducción

El aumento de la población mundial ha generado consigo el aumento de la demanda de productos de consumo humano y entre ellos se encuentran aceites y grasas los cuales son componentes biológicos que son solubles en solventes no polares como benceno, cloroformo y éter, y son prácticamente insolubles en agua. Estas moléculas son diversas tanto en lo referente a su estructura química como a su función biológica. Se distinguen entre ellos los ácidos grasos, las grasas y aceites, entre otros.

La denominación de “grasas y aceites” se refiere únicamente al estado físico (sólido o líquido) de este tipo de lípidos y no tiene ninguna relación con cualquier otra propiedad; la estructura y la química varía muy poco. De lo antes mencionado, nos enfocamos en los aceites debido a que estos son muy comerciales, junto con los alimentos, para producir las conocidas frituras, las cuales tienen peculiar influencia en problemas de salud.

Adicionalmente estos aceites usados generan problemas de contaminación ambiental llegando un litro de aceite comestible contaminar casi mil de litros de agua (Galvalizi, 2009). Por lo que se hace necesario buscar un sitio adecuado donde no afecten los efluentes acuíferos, debido a que el suelo, la capa más superficial de la corteza terrestre, constituye uno de los recursos naturales más importantes con los que se cuenta, ya que en este se mantiene un continuo intercambio de materia y energía sustentando la vida en el planeta. El suelo también es un reactor químico natural muy complejo donde ocurre gran cantidad de reacciones químicas.

Se ha reportado que en los suelos existe una serie de microorganismos capaces de degradar diferentes sustratos, en especial

materia orgánica (Innyeperumal y Shy, 2007). En el caso de los aceites y grasas se produce la degradación mediante la desfragmentación de las largas cadenas de carbono por la acción de los microorganismos heterótrofos presentes en el suelo los cuales lo degradan hasta CO_2 y convertirlo en materia orgánica propia del suelo.

En el presente trabajo se estudió la variación de algunas propiedades químicas y biológicas de dos suelos (uno agrícola y otro industrial) sometido a contaminación con aceites comestibles usados, durante un periodo de incubación de 3 meses, respecto a suelos controles incubados durante el mismo tiempo sin haber sido contaminado con el aceite. De esta manera, se comprobó si los organismos heterótrofos presentes en el suelo pueden o no degradar todo o parte de este aceite, e incorporarlo como materia orgánica propia del suelo.

Capítulo I

Formulación del problema

1.1. Planteamiento del problema

La fritura es un proceso de preparación de alimentos que consiste en introducir el alimento a un medio graso sometido a elevadas temperaturas, en presencia de aire, durante un determinado periodo de tiempo. Hoy en día los productos fritos son de gran aceptación por el consumidor por sus características sensoriales derivadas de la presencia de una cantidad de grasa notable que mejora su textura y les confiere un sabor característico. Este sabor característico deriva de la formación de productos de la alteración de las grasas tales como los compuestos de oxidación lipídica (benzopirenos que se forman por combustión incompleta de las grasas) y degradación de proteínas (Barrera, 1998). A medida que el aceite comestible se sigue calentando en el tiempo, aumentan los compuestos de oxidación lipídica, hasta llegar un momento donde el aceite pierde sus cualidades como (color, olor y viscosidad) y debe desecharse.

La mayoría de estos aceites comestibles usados son desalojados por muchas amas de casa, empresas o franquicias de comida rápida por las aguas del fregadero, produciendo contaminación en las aguas negras, las cuales tienden a desembocar al mar; produciendo una contaminación difícil de calcular. Una opción para evitar esta contaminación sería guardarlos en envases y almacenarlos, sin embargo esta opción no es la más óptima, ya que hoy en día se producen demasiados litros de aceites comestibles de desecho y rápidamente ese sitio destinado para su almacenaje colapsaría.

Por lo que se debe buscar una manera segura de disponer estos desechos y conseguir quizás un beneficio adicional. Una opción que

actualmente se está usando es la fabricación de biodiesel a través de ciertos aceites usados, pero no compiten con el diesel obtenido por la refinación del petróleo en costos de producción. Adicional a esto se genera una fuente de contaminación, porque al quemarse el biodiesel, igual se producirán gases de efectos invernadero, por lo que surge la necesidad de encontrar un sitio para estos aceites usados donde no afecte el ambiente.

Siendo el suelo un elemento natural dinámico y vivo que constituye la interface entre la atmósfera, la litosfera, la biosfera y la hidrosfera, sistemas en los que mantiene un continuo intercambio de materia y energía. Esto lo convierte en una pieza clave de los ciclos biogeoquímicos superficiales y le confiere la capacidad para desarrollar una serie de funciones esenciales en la naturaleza de carácter medioambiental, ecológico y hasta económico (Jaramillo, 2002).

Por estos motivos se busca una solución ante esta problemática ambiental, estudiando la capacidad que tiene el suelo de degradar aceites comestibles usados y saber la cantidad de aceite aproximada que soportará un suelo, además de estudiar cómo varían algunas propiedades químicas y biológicas del suelo.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo General

Estudiar la capacidad del suelo de degradar aceites comestibles usados e incorporarlos como materia orgánica mediante la actividad microbiana.

1.2.2 Objetivos específicos

- ❖ Establecer sistemas suelo-aceite para 2 tipos de suelo en valores de aceite por 100g de suelo húmedo para su análisis, luego de 3 meses de incubación.
- ❖ Medir y calcular las variaciones en las propiedades químicas: (pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, contenido de materia orgánica total) de las muestras de suelos presentes en cada sistema antes y después de la incubación.
- ❖ Estimar la tasa de degradación del aceite comestible usado en los sistemas suelo-aceite.
- ❖ Determinar la actividad microbiológica en las muestras de suelo tratadas con aceite a distintos porcentajes y la muestra sin aceite.
- ❖ Determinar el contenido de carbono orgánico asociado a la biomasa microbiana de cada sistema después de la incubación.
- ❖ Calcular el coeficiente metabólico de los microorganismos de los sistemas en estudio.
- ❖ Determinar la variación de las comunidades microbianas del suelo en cada sistema, mediante el estudio de los perfiles de los ésteres metílicos de ácidos grasos, después de la incubación.
- ❖ Realizar un análisis estadístico de los resultados obtenidos.

1.3 Justificación

En el suelo se producen en gran medida los ciclos biogeoquímicos superficiales, en los que actúa como un reactor complejo ejerciendo una labor protectora a través de su poder de amortiguación o capacidad natural de depuración de la contaminación. Esta depuración se realiza a través de reacciones de adsorción y desorción, reacciones de precipitación y disolución, reacciones óxido-reducción y reacciones ácido-base. Estas reacciones en general, se dan en el horizonte superficial y producto de procesos metabólicos de los microorganismos autótrofos y heterótrofos presentes y están estrechamente relacionadas con las propiedades del suelo como textura, estructura, porosidad, capacidad de intercambio catiónico, pH, actividad microbológica y contenido de nutrientes (Morgan y Watkinson, 1989).

Al degradarse el aceite comestible por medio de la acción microbiana, se produce la fijación de mayor cantidad de materia orgánica en el suelo, parámetro que establece la capacidad de desarrollo en plantas como fuente de carbono y nitrógeno (Crosara, 2009). Al agregar estos aceites usados en suelos, disminuye la contaminación que se produce al desechar estos aceites comestibles usados en efluentes acuíferos o en el aire producto de la producción de biodiesel con estos aceites. Además se estaría abriendo campo para mejoras de fertilizantes a partir de aceites comestibles usados, pudiéndose producir fertilizantes un poco más económicos.

Sin embargo, la capacidad de eliminación de contaminantes de un suelo es limitado y cuando se rebasa, el suelo deja de ser eficaz, llegando incluso a invertirse el proceso y a convertirse en una fuente de contaminación para los organismos del suelo y para el medio circundante, por lo que se debe agregar una adecuada cantidad de contaminante que

se quiere depurar (aceite comestible usado). A través del estudio de la capacidad que posee el suelo para incorporar estos aceites utilizados, se obtendrá información acerca de la cantidad de aceite que se debe agregar a un suelo para no generar un problema ambiental, si no por el contrario, resolverlo. Se espera que estos aceites aumenten el contenido de materia orgánica en los suelos en estudio.

Capítulo II

Marco teórico

2.1 Antecedentes

Indicadores microbiológicos como marcadores de la contaminación y recuperación de suelos contaminados con queroseno

Pérez et al. (2008) estudiaron variables microbiológicas como actividad deshidrogenasa (DH), la respiración basal (RB) y la concentración residual de hidrocarburos (THF), el recuento de heterótrofos cultivables (ufcs). Con el fin de evaluar la utilidad de estos en un proceso de bioremediación de un suelo contaminado con queroseno. El suelo empleado para el estudio fue un suelo con una textura franco-arcillosa-limosa procedente de un área rural abandonada situada en Gallarta, Bizkaia, el cual presentó un bajo contenido de materia orgánica, lo contaminaron artificialmente con queroseno, y suelo contaminado con queroseno más fertilizantes, observaron que el vertido de hidrocarburos sobre un suelo franco-arcilloso-limoso pobre en materia orgánica y ligeramente ácido tuvo un efecto tóxico inicial al hacer disminuir la población de heterótrofos y la actividad microbiana de suelos. La comunidad microbiana necesitó un periodo de 2 a 4 semanas para incrementar su actividad y biomasa, comenzando a degradar activamente los hidrocarburos vertidos. El porcentaje de degradación final resultante fue muy elevado, tanto con incorporación de nutrientes como sin ellos, indicando que el rendimiento final del proceso de biodegradación de los hidrocarburos no se vio limitado por falta de nutrientes.

Uso de productos de PCR de longitud heterogénea (LH-PCR) y perfiles de ésteres metílicos de ácidos grasos esterificados (FAME) para caracterizar comunidades microbianas en suelos

Ritchie et al. (2000), realizaron la comparación de dos métodos para caracterizar las comunidades microbianas en 4 suelos con diferentes

características mediante el uso de LH-PCR y el estudio de los perfiles de FAME. Los autores indican que los dos métodos podrían ser usados para separar las comunidades microbianas en tres regiones principales, pero el LH-PCR aparentemente hizo un mejor trabajo de separación sin embargo, el estudio de los perfiles de FAME ha sido usado extensivamente para caracterizar las comunidades microbianas en suelo. Siendo este método relativamente simple y rápido y su efectividad para describir las comunidades microbianas ha sido demostrada. En este estudio concluyeron que el método LH-PCR es un método eficiente, confiable y altamente reproducible como para ser usado como herramienta en un futuro. Sin embargo, para nuestro análisis usaremos el análisis FAME por ser un método simple y rápido, usando el método de esterificación desarrollado por Rhae Drijber donde tomaron una cantidad determinada de suelo y lo mezclaron con KOH 0,2 M en metanol, lo dejaron incubando durante el cual los ácidos grasos se esterificaron provenientes de los microorganismos del suelo; los FAMES se extraen con hexano, se centrifuga y la capa de hexano es transferida a un tubo de ensayo limpio y el hexano evaporado, quedando los FAMES los cuales son resuspendidos en hexano- metil-terbutil éter . Los FAMES son separados y cuantificados por cromatografía de gases usando un cromatografo de gases equipado con un detector de ionización a la llama.

Evaluación de la actividad biológica (respiración y biomasa) como indicadores de la salud de suelos ubicados en San Joaquín edo. Carabobo

Palma (2011) estudio mediante parámetros bioquímicos como estaba afectada la salud de un suelo en San Joaquín, estado Carabobo, proveniente de un antiguo vertedero de desechos urbanos, donde el autor determinó que la salud del suelo se ve afectada negativamente. Se determinó la respiración basal durante un periodo de incubación de 36 días y se obtuvo un promedio de 6 ± 3 mg de CO₂ por día para el suelo

afectados por los desechos urbanos, 5 ± 2 mg de CO_2 por día para el relleno y 10 ± 1 mg de CO_2 por día para el suelo control (alejado de la zona de impacto). Observándose que los desechos urbanos inhibieron la actividad de los microorganismos del suelo posiblemente por la presencia de sustancias tóxicas. En este trabajo se realizaron muchas de las varias pruebas que interesan para este proyecto tales como determinación de pH, conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio iónico, la respiración basal y biomasa microbiana.

2.2. Bases teóricas

2.2.1 Materia orgánica del suelo

Se define como materia orgánica del suelo a todo material orgánico biológico de cualquier naturaleza, que se encuentre sobre o dentro del suelo, vivo, muerto o en estado de descomposición.

La materia orgánica del suelo (MOS) es un componente clave en los ecosistemas terrestres, tanto en su concentración como en distribución, y su contenido y calidad tienen un importante efecto en los procesos que ocurren dentro de los ecosistemas.

Tabla 1. Tipos de materia orgánica en el suelo (Jaramillo, 2002).

MO biótica	Microfauna, bacterias, hongos, Actinomicetes
MO abiótica	Fracción labil (10-15% MOS) Fracción estable (Ac. Húmicos, Ac fúlvicos, huminas)

Según el Soil Survey Laboratory (SSL, 1995,1996), la materia orgánica del suelo, se define como la fracción orgánica que posee el suelo, excluyendo los residuos vegetales y animales sin descomponer. La descomposición de restos orgánicos y residuos metabólicos da origen a lo que se denomina humus. Este al descomponerse da origen a lo que se denomina humus. Y el humus al descomponerse da origen a una serie de productos coloidales que en unión con los minerales arcillosos, forman los nutrientes de las plantas. Estos coloides son de carga negativa, lo que les permite absorber H^+ y cationes metálicos (Ca^{+2} , Mg^{+2} , k^+ , Na^+) e intercambiarlos en todo momento de forma reversible entre las plantas y el suelo. La materia orgánica presenta afinidad por los* metales pesados.

La MOS también puede ser definida como una serie de fracciones a lo largo de un continuo proceso de descomposición. Su balance es mantenido por el aporte de mantillo al suelo, el cual ingresa al mismo como materia orgánica particulada (MOP). Conceptualmente, la MOP a lo que algunos autores también la denominan materia macro-orgánica (Willson et al, 2001) es la fracción transitoria de la MOS que, en ese continuo de transformación, se encuentran en un estado intermedio entre el mantillo más o menos reciente y la materia orgánica humidificada (MOH) y estable. Analíticamente, la MOP es una fracción de la materia orgánica total (MOT), factible de ser aislada físicamente y definida por un rango de tamaño (0,053 a 2,0 mm), retenida sobre un tamiz de 0,053 mm luego de que el suelo ha sido dispersado (Cambardella et al., 1992).

La MOP es un componente dinámico del suelo y una importante fuente de carbono orgánico (CO) y nutrientes. Por tratarse de una fracción más lábil que la MOH o asociada a la fracción mineral fina, responde selectiva y rápidamente a los cambios en el uso y el manejo del suelo (Biederbeck et al 1994); por tal razón, la MOP se ha considerado como un potencial indicador temprano de la calidad del suelo y su fertilidad.

El conocimiento de la dinámica de la materia orgánica del suelo (MOS) es esencial para entender el flujo del carbono (C) y nitrógeno (N) en el suelo (Chang et al 1995; Baldock y Skjemstad, 1999). Estudios empíricos y modelos de simulación sugieren que la diferencias en el tamaño de los componentes de la MOS y las tasas de mineralización de C y N (Rastetter et al 1991; Matus y Marie, 2000).

2.2.2. Respiración del suelo

La respiración del suelo es la oxidación de la materia orgánica hasta CO₂ por acción de los microorganismos del suelo. En estos suelos no perturbados (sin adición de nutrientes) hay un balance ecológico entre los microorganismos y sus actividades.

El desprendimiento del CO₂ producto de la mineralización de la materia orgánica se correlaciona con la actividad biológica del suelo y por ende con la biomasa microbiana del suelo, (Stotzky 1965; Anderson, 1982), este se puede cuantificar empleando el método de incubaciones estáticas (Stotzky, 1965).

En la respiración del suelo se involucran diferentes procesos: bióticos, químicos y físicos.

- ⤴ Procesos bióticos: respiración rizosfera (raíces y exudados de la raíz), la respiración microbiana; respiración fauna.
- ⤴ procesos químicos: la oxidación química de los minerales del suelo, que es relativamente pequeño en comparación con otras fuentes, pero pronunciado a altas temperaturas.
- ⤴ Procesos físicos: desgasificación de CO₂ del suelo y transporte de CO₂ a través del suelo hacia la superficie.

Existen varios factores que influyen sobre la tasa de respiración del suelo: la temperatura del suelo, textura, cantidad y calidad del sustrato, siendo los más importantes la temperatura y humedad del suelo (Buchmann, 2000).

- △ La temperatura: la respiración aumenta exponencialmente al aumentar la temperatura y esta relación se suele describir con ecuaciones exponenciales y de Arrhenius (Lloyd y Taylor, 1994).
- △ La humedad del suelo es otro factor importante que influye en la respiración del suelo. El flujo de CO₂ del suelo es generalmente bajo en condiciones secas y aumenta con la humedad del suelo hasta un cierto límite. En suelos con mucha humedad el flujo de CO₂ se va reduciendo debido a la limitación de la difusión del oxígeno y la supresión de las emisiones de CO₂.

2.2.3 Biomasa microbiana

La biomasa microbiana se define como la parte viva de la materia orgánica del suelo, está compuesta por los microorganismos de aproximadamente $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^3$, constituye de 1 a 5% de la materia orgánica del suelo. En general se expresa en miligramos de carbono por kilogramo de suelo.

La biomasa microbiana es responsable, en alto grado de la descomposición de la materia orgánica que se incorpora al suelo, y por otra parte es fuente de nutrientes para las plantas (Stevenson, 1994). La biomasa microbiana ejerce la función fundamental de la materia orgánica del suelo, proveer la energía metabólica necesaria para los procesos biológicos del suelo que afectan directa o indirectamente otros procesos y propiedades del suelo (Baldock y Nelson, 2000)

Para cuantificar la biomasa microbiana del suelo, actualmente existen diferentes métodos, entre ellos están:

- Fumigación-incubación
- Respiración inducida por sustrato
- Fumigación-extracción

Para este estudio se realizará el método de respiración inducida por sustrato. El método de la respiración por inducida sustrato se basa en la detección de la respuesta respiratoria de los microorganismos del suelo por un suplemento de glucosa; midiendo solo los organismos activos o sensibles a la glucosa (Bloem et al. 2006).

2.2.4 Coeficiente metabólico

El coeficiente metabólico (qCO_2) también denominado respiración específica, se define como la tasa de respiración medida como CO_2 desprendido por unidad de masa microbiana (Anderson y Domsch, 1990) y por lo tanto podría evaluarse que tan eficazmente la biomasa está empleando el carbono disponible para la biosíntesis (Wardle y Ghani, 1995).

Este coeficiente ha demostrado ser sensible a cambios en el manejo y uso de suelos, de manera que un manejo poco intensivo del suelo causa una disminución de este parámetro. Lo que indica menor estrés de la comunidad microbiana (Liebig y Doran 1999).

En general, se encuentra que el $q CO_2$ elevado mientras más alto es el estrés del ecosistema. Aunque los datos de qCO_2 deben interpretarse con cierta cautela ya que un coeficiente más elevado que otro puede indicar un mayor nivel de estrés, un ecosistema inmaduro o un sustrato fácilmente mineralizable (Sparling 1992).

2.2.5 Importancia de la diversidad microbiana

La biodiversidad es comúnmente conocida en términos de la gran variedad de plantas, animales y microorganismos. Hasta el momento, han sido identificadas alrededor de 1.75 millones de especies, la mayoría pequeñas criaturas como los insectos, sin embargo los científicos estiman que hay alrededor de 13 millones de especies distintas, dentro de un rango de 3 a 100 millones (CBD, 2000).

Según Di Castri (2003) “en la actual sociedad es la biodiversidad la que ofrece a la humanidad los servicios ecológicos esenciales: el reciclaje de los elementos nutritivos y la descontaminación natural de la tierra y del mar, la conservación de la calidad del agua, del suelo y del aire, la regulación de los sistemas climáticos, los mecanismos de reproducción de animales y plantas, incluyendo la polinización, el control natural de las plagas y de las invasiones biológicas, la conservación de los paisajes” donde se incluyen además todas las propiedades del suelo.

2.2.6 Esterificación de ácidos grasos

Los ésteres son las sales alcohólicas, tanto de los ácidos inorgánicos como de los ácidos carboxílicos. Los ésteres líquidos se han empleado como sustitutos de esencias de algunas frutas debido a su olor agradable.

El método más simple y más empleado en la obtención de ésteres, es la reacción de un alcohol con un ácido carboxílico, llamada esterificación de Fisher empleando un ácido Brönsted como catalizador, el más utilizado es el ácido sulfúrico (H_2SO_4). El principal problema es la formación de desechos altamente ácidos, que generan un serio problema ambiental (Mazo P. 2007).

La importancia de estas reacciones de esterificación es que se pueden utilizar para la identificación de microorganismos a partir de sus ácidos

grasos los cuales dan un mejor estimado de la biomasa microbiana y su estructura ya que varios son específicos para diversos microorganismos (Vestal and White 1989), estos ácidos grasos son cadenas de ácidos carboxílicos que al esterificarlos se convierten en esteres que fácilmente se pueden separar por cromatografía.

Capítulo III

Marco metodológico

3.1 Características y preparación de muestras

El aceite comestible usado con el cual se trabajo es un aceite comestible de soya marca Casa el cual se uso para freír pollo y empanadas para un plan vacacional realizado en la comunidad La Alegría del municipio los Guayos.

Uno de los 2 suelos con los que se realizaron los experimentos es proveniente de Tinaquillo, Estado Cojedes, cercano a una antigua Empresa de fabricación de acero por estar previamente caracterizado (Duran, 2011). El segundo suelo usado de origen agrícola fue obtenido mediante un muestreo aleatorio en donde se dividió el terreno en 3 zonas como se muestra en la (figura 1) donde se utilizo la zona 3 por ser la zona que se planifica poner a cultivar, Tocuyito Estado Carabobo conjunto de mini-fincas El Encanto parcela N° 17.



Figura 1: Esquema del terreno donde se realizo el muestreo (Tocuyito)

Se prepararon 12 sistemas suelo-aceite, utilizando para cada uno de ellos 200 g del suelo previamente tamizado humedo para el suelo de Tinaquillo. Se colocaron en 12 envases rectangulares (150 cm²) de anime, para permitir una mayor área superficial de contacto aceite-suelo. A cada sistema se le agregó agua para alcanzar entre el 50 y el 60 % de

retención de humedad (cantidad de agua retenida por el suelo durante 6 horas).

A las muestras de suelo colocadas en los recipientes, se les agregó aceite por duplicado de manera que queden en proporción (5, 10, 15, 30 y 50) %p/p de aceite comestible usado por cada 100g de suelo húmedo (figura 2). Los cuales se incubaron por un periodo de 3 meses debido a que en el trabajo de Perez et al (2008) obtuvieron que después de 4 semanas es que los microorganismos empezaron a degradar el contaminante agregado (queroseno) por lo que 3 meses sería un tiempo razonable para la degradación total o parcial del aceite. Para los sistemas suelo-aceite de Tocuyito se utilizó el mismo procedimiento anterior pero usando el doble de la cantidad inicial de suelo y aceite para asegurar suficiente cantidad de suelo para los experimentos. Se dejaron dos sistemas sin agregar aceite, los cuales sirvieron de controles. Periódicamente (semanalmente) se le agregó 35 mL de agua destilada con para mantener el suelo entre 50 y 60 % de su capacidad de retención de humedad (Duran 2010).

Después de transcurrido los 3 meses se determinaron, en los sistemas suelos con aceite y sin aceite, las propiedades químicas y biológicas contempladas.

3.2 Determinación de propiedades químicas del suelo después de la incubación con aceite

Para la obtención de los valores de pH y conductividad eléctrica se tomaron 3 g de suelo y se mezclaron con 6 mL de agua en un tubo tipo Falcon, sometiéndolo a agitación por 30 min, y centrifugando por 10 min a 1500 rpm y se midió con un pH-metro los valores del pH al sobrenadante y con el conductímetro la conductividad eléctrica (Olarte, 1979).

Para la capacidad de intercambio catiónico se usó el método descrito por (S.S.L, 1996). Para ello se pesaron 5 g de suelo secado al aire y tamizado. Se coloca la muestra de suelo en un Erlenmeyer de 100 mL, se le agregan 25 mL de NH₄OAc 1N a pH 7 y se agita 30 min. Se filtra el conjunto anterior, haciendo pequeños lavados con acetato de amonio, se lava el exceso de amonio con 50 mL de etanol aplicando 2 porciones de 25 mL; Para determinar las bases intercambiables (Ca⁺², Mg⁺², K⁺, Na⁺), se recoge el filtrado en un balón de 200 mL y se procesa aparte con el fin de determinar las bases intercambiables.

El papel de filtro donde quedó el suelo se colocó en un frasco adecuado de rosca y se agregaron 50 mL de NaCl al 10 % p/v y se dejó agitando toda una noche en el agitador horizontal (figura 3). Al día siguiente se filtra y se hacen 2 lavados con 10 mL de agua. Al filtrado que se obtiene se le agrega 10 mL de formaldehído al 40 % v/v y unas gotas de fenolftaleína; paralelamente, se prepara un blanco con agua destilada, NaCl y formaldehído. Se titulan el filtrado y el blanco con NaOH 0,1 M; hasta obtener una coloración rosada pálida (Jaramillo, 2002). Se calculó la CIC (capacidad de intercambio catiónico) del suelo con la fórmula:

$$C.I.C = ((V_m - V_b) * M * 100 / \text{peso de la muestra})$$

Donde

C.I.C= capacidad de intercambio catiónico.

V_m= volumen de NaOH en mL gastado en la titulación del extracto de la muestra.

V_b= volumen de NaOH en mL gastado en la titulación del blanco.

M= molaridad de NaOH

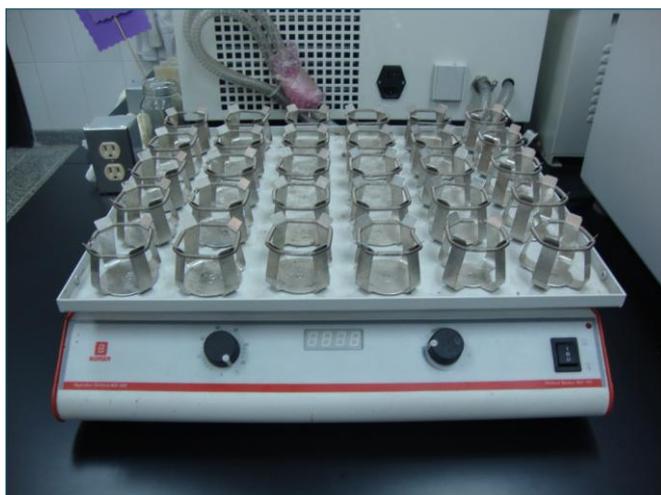


Figura 2 Agitador orbital AO-400 BUNSEN

En la determinación de bases intercambiables se determinó calcio y magnesio por ser las bases mas importantes y porque al hacer los lavados para la obtención del lixiviado con etanol también se arrastraba materia grasa por lo que no se pudo pasar las muestras para la determinación de K^+ y Na^+ por el equipo de absorción atómica, para evitar su obstrucción. Se uso titulación complejométrica para la determinacion de calcio y magnesio empleando 10 mL del lixiviado de la determinación de C.I.C; a la cual se le adicionó 1mL de buffer NH_3-NH_4Cl a pH 10 y dos gotas de indicador de negro de Eriocromo T y se tituló con EDTA 0,1 M y a pH 12 para la determinación de calcio empleando 6 gotas de NaOH y 2 gotas de ácido calconcarboxílico.

Para la determinación de la materia orgánica del suelo, se pesó una muestra de 5 g de suelo seco al aire y tamizado a 2 mm y se colocó en crisoles de porcelana. Se secó el conjunto (la muestra y el crisol) en horno a $105^{\circ}C$ hasta peso constante (aproximadamente entre 24 y 48 horas), se retiró del horno y se dejó enfriar en desecador, luego se pesó.

Posteriormente se calcinó la muestra en una mufla a 700°C, durante 3 horas. Se retiró de la mufla el conjunto, se dejó enfriar en desecador y se pesó nuevamente.

Se calculó la diferencia de peso entre las medidas antes y después de calcinar; esta diferencia de peso equivale a la cantidad de materia orgánica que se perdió de la muestra por efecto de la calcinación. Se expresa la diferencia de peso en porcentaje, con respecto al peso inicial de la muestra (antes de la estufa) y ese es el porcentaje de materia orgánica que tenía el suelo. (Jaramillo, 2002)

3.3. Tasa de degradación

La tasa de degradación consiste en el porcentaje de aceite comestible usado que se degrada a partir de la cantidad original agregada y nos permite ver la efectividad con la que a distintos porcentajes de aceite los microorganismos degradan el aceite comestible usado. Se calculo usando los datos de la determinación de materia orgánica total calculando los gramos de materia orgánica total y restándole la materia orgánica del control negativo (Control) y dividiendo luego entre la cantidad de aceite comestible agregado originalmente por peso de suelo.

$$\% \text{ degradación} = ((M_i - M_f) * 100 / M_i)$$

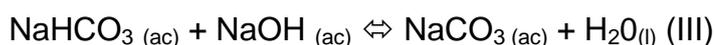
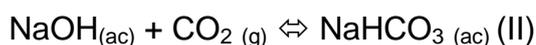
Donde

M_i = g materia orgánica inicial

M_f = g materia orgánica final

3.4. Actividad microbiológica

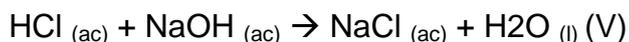
La actividad microbiológica del suelo se determinó mediante la medida del desprendimiento de CO₂ por la actividad de los microorganismos del suelo durante un periodo de tiempo, a temperatura controlada en el laboratorio (22-28)°C (método de incubaciones estáticas) (Stotzky, 1965) siguiendo el procedimiento descrito por Anderson (1982) se colocaron 30 g de suelo humedecido entre 50-60% de su capacidad de retención de humedad en frascos con tapa de rosca (hermética) introduciendo un vial con 25 mL de NaOH 0,1 M. Los frascos cerrados se colocaron en la oscuridad a temperatura ambiente (25 ± 3°C). Durante 3, 7, 14, 21 y 32 días. Como blanco se empleó un recipiente que solo contenía el vial con NaOH, y el CO₂ desprendido se determinó por titulación con ácido clorhídrico (HCl 0,1 M), precipitando los carbonatos con cloruro de bario (BaCl₂ 0,05 M) y empleando fenolftaleína como indicador. El CO₂ liberado se determinó indirectamente por una titulación ácido – base, donde inicialmente el dióxido de carbono reacciona con el NaOH formando equilibrios sucesivos:



El carbonato de sodio reacciona con el exceso de cloruro de bario:



Y el exceso de hidróxido de sodio que no reaccionó, se titula con ácido clorhídrico empleando fenolftaleína como indicador:



Todas las muestras a distintos porcentajes de aceite comestible usado se analizaron por triplicado.

La cantidad en miligramos (mg) de CO₂ desprendido se calculó mediante la siguiente fórmula.

$$\text{mg C-CO}_2 = (\text{Vb-Vm}) \cdot \text{M}_{\text{HCl}} \cdot 6$$

Donde:

Vb: volumen de HCl consumidos para titular el blanco

Vm: volumen de HCl consumidos para titular la muestra

M_{HCl}: concentración de ácido clorhídrico.

6: factor estequiométrico (masa atómica C/ moles de CO₂ que reaccionan)

3.5. Carbono asociado a la biomasa microbiana

Según explican (Bloem et al. 2006), este método está basado en el principio de que, bajo condiciones estandarizadas, el metabolismo de la glucosa adicionada en exceso está limitado por la cantidad de microorganismos aeróbicos activos en el suelo. Durante las primeras horas después de la adición del sustrato no hay un rápido crecimiento de las poblaciones microbianas, y la respiración es proporcional a la cantidad de biomasa microbiana del suelo.

El carbono orgánico asociado a la biomasa microbiana se determinó por el método de respiración inducida por sustrato, siguiendo el procedimiento descrito por Anderson y Domsch, (1978) en el cual se pesó 30 g de suelo y se ajustó la humedad ente 40-60% de la retención de humedad del suelo, se mezcló con 1 mL de solución 120 mg/mL de glucosa, las muestras se colocaron en un frasco de vidrio con tapa de rosca y se dejó a temperatura ambiente (22-28)°C por dos horas. Una vez transcurrido el tiempo se colocaron en forma suspendida un vial con 25 mL de hidróxido de sodio 0,1 M y se dejó incubar durante cuatro horas, de forma paralela se colocaron 3 frascos limpios y secos solo con el vial contentivo de NaOH, empleados como blancos.

Luego de la incubación, el NaOH del vial se transfirió cuantitativamente a una fiola de 250 mL, añadiendo 2 mL de cloruro de bario para precipitar los carbonatos, seguidamente se tituló con HCl 0,1 M utilizando fenolftaleína como indicador. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

La evolución de CO₂ se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{mg C-CO}_2 = ((V_b - V_m) * M_{\text{HCl}} * 6 * 100) / (4 * \text{EW})$$

Donde:

V_b: volumen de HCl consumidos para titular el blanco

V_m: volumen de HCl consumidos para titular la muestra.

M_{HCl}: Molaridad del ácido clorhídrico.

EW: peso de suelo seco (g).

4: tiempo de incubación (h)

6: factor estequiométrico (masa atómica C/ moles de CO₂ que reaccionan)

El carbono de la biomasa microbiana se determinó empleando la siguiente relación (Anderson y Domsch, 1978):

$$\text{mg C-CO}_2 \text{ obtenido} = 20,6 \text{ mg C-biomasa}$$

3.6 Coeficiente metabólico

La fracción del C-CO₂ liberado por unidad de biomasa microbiana, llamado cociente metabólico (qCO₂) se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación (Anderson y Domsh, 1990):

$$qCO_2 = (\text{mg C-CO}_2 \text{ basal/h} * \text{mg C mic})$$

mg C-CO₂ basal/h: mili-gramos de CO₂ obtenidos en la actividad microbiológica.

mg C mic: Carbono de la biomasa microbiana

3.7. Perfiles de ácidos grasos esterificados

Se utilizó el método realizado por Ritchie et al. (2000) se pesaron 3 gramos de suelo de cada uno de los sistemas se mezcló con 15 mL de KOH 0,2 M en metanol, se dejó incubando por 1 hora a 37 °C, durante el cual los ácidos grasos provenientes de los microorganismos del suelo se esterificaron, así los ácidos grasos esterificados son extraídos dentro de una fase orgánica de hexano. La muestra se centrifugó a 480 rpm durante 10 minutos para separar la fase acuosa y la fase de hexano.

La capa de hexano fue transferida a un tubo de ensayo limpio y previamente pesado, el hexano se evaporará, quedando los ácidos grasos esterificados, se pesa para determinar los ácidos grasos totales, los cuales son re-suspendidos en 0,5 mL de hexano para su posterior análisis. Los ácidos grasos esterificados son separados y cuantificados por cromatografía de gases usando un cromatógrafo de gases Clarus 500, marca Perkin Elmer, equipado con un detector de ionización a la llama.

La temperatura se programó para incrementarse desde 100 °C hasta 200 °C con una velocidad de 4 °C/ min. Permaneciendo por 4 min; después la temperatura se incrementó a 270 °C a razón de 4 °C/ min permaneciendo por 10 minutos. Los ácidos grasos fueron identificados y el área relativa de sus picos fueron determinados usando el estándar “bacterial acid methyl ester” (BAME) mix el cual es una solución que contiene 26 ácidos metil esterificados en methyl caproate con concentración de 10 mg/mL.

Después de obtenidos los cromatogramas y con la Tabla 2 se obtuvo las comunidades microbianas en los distintos sistemas del suelo de Tinaquillo y en los distintos porcentajes en que se encuentran los ácidos grasos característicos; estos cromatogramas no se le pudo realizar al suelo de tocuyito por no poderse extraer adecuadamente los ácidos grasos.

Tabla 2. Ácidos grasos metil-esterificados presente en diversos microorganismos (Zelles 1993).

Tipo de microorganismo	Acido graso metil-esterificado relacionado	Acido graso metil-esterificado presente en el patrón
Bacterias	15:0 y 17:0	15:0 y 17:0
Bacterias Gram- negativas	16:1w9, 18:1w7, cy17:0, 16:1w7 y cy19:0	16:1w9 y cy17:0, 16:1w7
Bacterias Gram-positivas	i14:0, i15:0, a15:0, i16:0, i17:0, a17:0	i15:0, a15:0, i16:0 y i17:0
Hongos	18:2w6c	18:2w6c

3.8 Análisis estadísticos

El programa Statgraphic centurion se empleó para realizar dos tipos de estudios estadísticos: La Tabla ANOVA y el Contraste de Múltiple Rango. Ambos se emplearon para evaluar si existe diferencia significativa

o no entre los promedios de cada uno de los sistemas suelo-aceite evaluados con respecto al control.

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de cada grupo y se emplea el factor F-ratio, para establecer si existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las variables a un nivel de confianza del 95,0%.

El Contraste de Múltiple Rango aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras. El método actualmente utilizado para discernir entre las medias es el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD). Con este método, hay un 5,0% de riesgo de considerar cada par de medias como significativamente diferentes cuando la diferencia real es igual a 0.

Se empleó el coeficiente de Pearson para correlacionar dos conjuntos de datos según el indicador físico, químico o biológico a estudiar; para verificar si poseen una correlación significativa (positiva o negativa), con un nivel de significancia del 95 por ciento y empleando el valor $t_{95\%} = 2,309$ como referencia.

El coeficiente de Pearson es una prueba estadística para analizar la relación entre dos variables medidas por un nivel de intervalos o de razón, puede variar de -1.00 (correlación negativa perfecta) a 1.00 (correlación positiva perfecta). (Camacho C. 2007)

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización química

Es importante conocer las propiedades químicas del suelo ya que éstas influyen sobre la cantidad de microorganismos, la concentración de sustratos, enzimas y nutrientes inorgánicos en el suelo y en consecuencia sobre las actividades biológicas como lo son la respiración edáfica y biomasa microbiana (Stotzky y Burns 1982), es por ello que se realizó la medición de algunas propiedades químicas en los diferentes sistemas estudiados para ambos suelos, obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3 Propiedades químicas de los suelos estudiados después de 3 meses de incubación.

suelo	(g aceite/100 g suelo seco)	C.I.C (meq/100g)	pH	Conductividad μ S	% M.O
Tinaquillo	0	22 \pm 1 ^b	5,22 \pm 0,06 ^e	147 \pm 18 ^a	3,4 \pm 0,1 ^a
	5	29 \pm 3 ^c	4,78 \pm 0,15 ^d	214 \pm 28 ^a	7,9 \pm 0,3 ^b
	10	28 \pm 1 ^c	4,75 \pm 0,18 ^d	331 \pm 51 ^b	11,6 \pm 0,4 ^c
	15	31 \pm 3 ^c	4,51 \pm 0,07 ^c	607 \pm 79 ^d	16,1 \pm 0,3 ^d
	30	13 \pm 2 ^a	3,99 \pm 0,15 ^b	465 \pm 28 ^c	25,7 \pm 0,4 ^e
	50	13 \pm 1 ^a	3,76 \pm 0,08 ^a	457 \pm 38 ^c	32,3 \pm 1,9 ^f
Tocuyito	0	15 \pm 1 ^a	6,33 \pm 0,08 ^f	146 \pm 20 ^a	4,4 \pm 0,1 ^a
	5	19 \pm 2 ^b	5,44 \pm 0,19 ^e	185 \pm 17 ^a	8,9 \pm 1,3 ^b
	10	19 \pm 1 ^b	5,04 \pm 0,04 ^d	243 \pm 26 ^b	12,3 \pm 1,5 ^c
	15	23 \pm 1 ^c	4,83 \pm 0,04 ^c	254 \pm 19 ^b	16,4 \pm 0,4 ^d
	30	21 \pm 2 ^b	4,37 \pm 0,03 ^b	401 \pm 54 ^c	24,2 \pm 1,1 ^e
	50	16 \pm 1 ^a	4,15 \pm 0,03 ^a	463 \pm 64 ^d	34,5 \pm 0,8 ^f

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas.

Se puede observar en la Tabla 3, que las propiedades químicas presentaron variaciones entre los suelos con aceite y sin este.

La C.I.C es la capacidad que tiene el suelo de absorber cationes y es equivalente a la carga negativa del suelo siendo esta propiedad la que define la cantidad de sitios disponibles para almacenar cationes en el suelo (Jaramillo 2002). En los 2 suelos en estudio, según los datos estadísticos obtenidos para muestras pareadas (anexas Tablas 9 y 11); se observa variaciones significativas en los valores de C.I.C al agregar aceite a distintos porcentajes, con respecto al suelo control a excepción del sistema de Tocuyito a un 50% de aceite agregado donde no hay diferencia significativa con el control negativo (anexas Tabla 11). El mayor valor de C.I.C para el suelo de Tocuyito se obtuvo en un porcentaje 15% de aceite presentando diferencias significativas con respecto a todos los sistemas; Los mayores valores para el suelo de Tinaquillo se dan en el intervalo de (5 a 15)% sin presentar diferencias significativas entre ellos (anexas tabla 9). Por lo que a esos porcentajes quedan retenidos en el suelo mayor cantidad de cationes debido a que hay aumento de la materia orgánica la cual atrapa fácilmente los cationes y aumenta la cantidad de sitios disponible.

Sin embargo, a pesar de que a porcentajes mayores de aceite se presenta mayor cantidad de materia orgánica la C.I.C disminuye para ambos suelos a partir de un porcentaje de 15%. Presentando para el suelo de Tinaquillo una correlación negativa (-0,7143) y para el suelo de Tocuyito (-0,4224) con respecto a la materia orgánica.

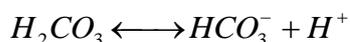
La repentina caída de la capacidad de intercambio cationico es debido al exceso de aceite, como es bien sabido el agua y el aceite no son afines y a porcentajes mayores al 15% el suelo ya esta saturado de aceite por lo que el agua pasa con mayor rapidez a través de este sin arrastrar las bases intercambiables y formándose en el suelo una capa que impide el intercambio y hasta puede saturar los sitios disponibles para

los cationes estos resultados son similares a los obtenidos por (Guerrero 2010) donde observó que en los suelos con mayor contenido de hidrocarburos la humedad de estos suelos disminuían ya que interrumpen la interacción electrostática entre la superficie de las partículas del suelo y el agua.

Para el suelo de Tinaquillo, se observó una correlación significativa de 0,6961 (Anexo Tabla 42) con respecto al pH. Esto se debe a que la capacidad de intercambio cationico se relaciona a los cationes intercambiables y como del pH depende la concentración de iones intercambiables como lo indican Parra et al. 2002. Se observa que al acidificarse el medio desde 5,22 hasta 4,51 para el suelo de Tinaquillo y desde 6,33 hasta 4,83 para el suelo de Tocuyito se presenta un aumento en la capacidad de intercambio esto debido a que a pH ácidos el Ca^{+2} y el Mg^{+2} se pueden intercambiar con mayor facilidad por encontrarse más disponibles y adicionalmente con el aumento de la materia orgánica el suelo adquiere una mejor estructura donde se puede localizar y absorber de manera más efectivas los cationes y ofrecer resistencia al lixiviado lo que se observó experimentalmente en la determinación de basés intercambiables (Ca^{+2} y Mg^{+2}) (anexos tabla 44 y 45) donde a mayor contenido de materia orgánica los iones calcio y magnesio en el lixiviado no son detectables.

Con respecto al pH se puede observar que a medida que aumenta el porcentaje de aceite agregado en los suelos el pH va disminuyendo para ambos suelos para el suelo de Tinaquillo desde $5,22 \pm 0,06$ hasta $3,76 \pm 0,08$ con diferencias significativas entre todos los sistemas a excepción del sistema de (5 y 10) % donde presentan valores similares (anexos tabla 13). Para el suelo de Tocuyito se presento valores de $6,33 \pm 0,08$ hasta $4,15 \pm 0,03$ con diferencias significativas entre todos los sistemas para el suelo de Tocuyito anexos (tabla 15); Esta variación del suelo control con respecto a los sistemas suelo-aceite se debe a una

correlación negativa con la materia orgánica (aceite) donde para Tinaquillo es de -0,9576 y para Tocuyito de -0,9443 anexos (tabla 42 y 43). La correlación negativa se debe primero a la estructura química de los ácidos grasos que constituyen el aceite que son ácidos carboxílicos los cuales presentan protones acídicos, y adicionalmente el aumento del pH se debe a la formación de ácidos débiles como producto de la mineralización de la materia orgánica por acción de los microorganismos a partir de CO_2 y el H_3O^+ el ácido se disocia según la siguiente ecuación:



La producción de iones H^+ , cada vez que los microorganismos realizan la metabolización del aceite, es una de la razones por la cuales puede disminuir el pH del suelo, dado que hay alta concentración de iones H^+ , estos resultados concuerdan con los obtenidos por Barrios y Polychroniadis (2006) cuyos valores de pH fueron 5,3 para un suelo sin contaminación y 4,35 para un suelo contaminado con petróleo aunque los sustratos son distintos ambos son grandes cadenas de carbonos que sirven de alimento para los microorganismos por lo que se puede hacer una comparación.

Según la bibliografía encontrada (Espinosa, J. 1994) reporta algunos rangos de tolerancia de pH para algunas plantas de cultivo así:

- Plantas con rango entre 4,8 y 5,5: Piña, yuca, papa y pastos.
- Plantas con rango de pH entre 5,6 y 6,4: Arroz, maíz, tomate, trigo, fríjol.
- Plantas con rango de pH entre 6,5 y 7,3: Alfalfa, trébol, algodón, coliflor, caña de azúcar.

Con estos datos observamos que un pH adecuado para poder sembrar algún cultivo, por ejemplo de papa el pH debe estar al menos ligeramente por encima de 4,8 que para el suelo de Tinaquillo está en un porcentaje por debajo de 5% de aceite agregado y para el suelo de Tocuyito en un porcentaje de aproximadamente 15% lo que serian según el pH los

valores adecuados de contaminantes para que ambos suelos sigan teniendo valores adecuados de pH.

Con respecto a la conductividad eléctrica se observa para los 2 suelos diferencias significativas de los controles negativos con respecto a los distintos porcentajes de suelo-aceite (anexos tabla 17 y 19). A medida que aumenta la cantidad de aceite agregado en el suelo aumenta la conductividad eléctrica desde el menor valor hasta el mayor desde 147 ± 18 para el suelo control de Tinaquillo hasta 607 ± 79 a un porcentaje 15% de aceite y para el suelo de Tocuyito desde 146 ± 20 hasta 463 ± 63 a un porcentaje de 50% de aceite comestible usado. Este comportamiento se puede deber a dos motivos que pudieran actuar simultáneamente, el primero es disminución del pH lo cual incrementa la cantidad de H^+ los cuales son iones muy móviles que desplazan fácilmente cargas eléctricas lo cual se observa en la correlación de $-0,4457$ con respecto al pH para el suelo de Tinaquillo y de $-0,9212$ para Tocuyito (anexos tabla 42 y 43). El segundo motivo es que los aceites tienen sales como antioxidantes y como estamos usando un aceite comestible usado este pudo absorber mayor cantidad de sales adicionales por los condimentos utilizados en la preparación de las comidas.

Los resultados de las determinaciones de conductividad eléctrica para ambos suelos y a distintos porcentajes de aceite arrojaron valores entre el mas bajo para el suelo control de Tocuyito 146 ± 20 y $607 \pm 79 \mu S cm^{-1}$ para el suelo de Tinaquillo al 15% de aceite comestible usado. Estos valores están bajos y sugieren que en estos suelos sin aceite y con la adicción de este; no produce problemas relacionados con el contenido de sales ya que Boulding (1994) indica que suelos con valores menores de $1,2 dS m^{-1}$ ($1200 \mu S cm^{-1}$) son considerados no salinos.

Referente a la materia orgánica se observó que a medida que aumenta la cantidad de aceite agregado hay un aumento de la materia orgánica para ambos suelos presentando diferencias significativas entre todos los sistemas suelo-aceite de ambos suelos (Anexos Tablas 21 y 23). Esto debido a la baja mineralización de la materia orgánica, ya que en los suelos donde se agregó más de 15% de aceite disminuyó la actividad microbiana en ambos suelos lo que implica menor degradación del aceite donde hubo una correlación de la materia orgánica con respecto a la actividad microbiana para el suelo de Tinaquillo de -0,8096 y para el suelo de Tocuyito de -0,9215 (anexos tablas 42 y 43) y por ende al disminuir la actividad microbiana hay menos degradación de aceite donde para el suelo de Tinaquillo la correlación con la tasa de degradación con respecto a la materia orgánica fue de -0,8755 y para Tocuyito de -0,8444 (anexos tabla 42 y 43) pasando el aceite que no se degradó a incorporarse como materia orgánica en los suelos.

Estos resultados están acorde con lo que obtuvieron Fernández et al., (2008), y Guerrero (2010). Quienes realizaron experimentos para la determinación de materia orgánica total en suelos contaminados con petróleo y sin petróleo y vieron que a mayor cantidad de petróleo mayor era el porcentaje de materia orgánica en el suelo.

4.2. Tasa de degradación

Con respecto a la tasa de degradación se observa en la Tabla 4 que en los sistemas de mayor porcentaje de aceite comestible usado, la tasa de degradación disminuye con diferencias significativas entre los sistemas, a excepción de los sistemas (10-15) % para Tinaquillo; (10-15) % y (30-50) % para Tocuyito (Anexos Tablas 25 y 27). Esta tendencia a disminuir de la tasa de degradación esta relacionada con el aumento de la materia orgánica teniendo una correlación de -0,8755 para el suelo de Tinaquillo y de -0,8444 para el suelo de Tocuyito (Anexos Tabla 42 y 43) donde al

haber un gran aumento de la materia orgánica los microorganismos no pueden degradarla en tan corto tiempo. También se observa una correlación significativa importante entre la tasa de degradación y la actividad microbiana de 0,5833 para el suelo de Tinaquillo y 0,8451 para Tocuyito (Anexos Tablas 42 y 43). Esta correlación de la actividad microbiana y la tasa de degradación es proporcional ya que mientras mayor sea la actividad de los microorganismos mayor será la cantidad de aceite que degraden. También la tasa de degradación se ve afectada por la relación que existe con el pH 0,8613 para Tinaquillo y de 0,8699 para Tocuyito

Tabla 4 tasa de degradación de los sistemas suelo-aceite de los suelos en estudio.

(g aceite/100 g suelo seco)	% degradación	
	Suelo Tinaquillo	Suelo Tocuyito
5	89,33±5,17 ^d	89,36±7,23 ^c
10	82,95±3,83 ^c	82,40±9,42 ^b
15	84,93±1,87 ^c	80,84±3,09 ^b
30	75,36±1,98 ^b	66,43±4,00 ^a
50	57,77±3,80 ^a	60,55±2,10 ^a

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas.

Todos los valores de degradación son muy buenos por encima del 50% para los dos suelos a los distintos porcentajes de aceite agregado lo que es positivo ya que indica una alta efectividad por parte de los microorganismos del suelo para degradar el aceite comestible usado en un periodo de poco de más de 3 meses.

4.3 Actividad microbiológica

La actividad microbiológica de los suelos en estudio se determinó mediante la medida del desprendimiento de CO₂ por la actividad de los microorganismos del suelo. Se estimó la respiración basal durante un periodo de incubación de 32 días, descrito por Anderson (1982) obteniéndose los resultados reportados en la Tabla 5.

Tabla 5. Actividad microbiológica de los suelos en estudio.

(g aceite/100 g suelo humedo)	mg CO ₂ * 32dia*kg suelo	
	Tinaquillo	Tocuyito
0	270 ± 3 ^a	105 ± 10 ^a
5	914 ± 25 ^e	944 ± 23 ^d
10	707 ± 41 ^d	903 ± 51 ^d
15	524 ± 23 ^c	909 ± 49 ^d
30	420 ± 41 ^b	338 ± 28 ^c
50	499 ± 32 ^c	270 ± 16 ^b

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas.

Como se puede observar en la Tabla 5 la actividad microbiológica aumenta al agregar aceite a distintos porcentajes hasta un 50% de aceite comestible usado en ambos suelos en comparación con el suelo control presentando diferencias significativas (anexos tabla 30 y 33). La máxima actividad microbiológica (desprendimiento de CO₂) se logra en un 5 % de aceite agregado para Tinaquillo presentando diferencias significativas con respecto a los sistemas a distintos porcentajes y para Tocuyito en un intervalo de (5-15)% sin presentar diferencias significativas entre estos porcentajes (anexos tabla 30 y 33).

Para el suelo de Tinaquillo se observa que después de 5 % comienza a disminuir la actividad microbiológica mientras que en el suelo de Tocuyito esto ocurre a partir del 15% debido probablemente a la disminución en el pH en donde para el suelo de Tocuyito el pH a 15% de aceite es $4,83\pm 0,04$ y para el de Tinaquillo a un porcentaje de 5% es ya de $4,78\pm 0,15$ donde a partir de estos porcentajes comienza a disminuir los valores drásticamente en la respiración al igual que con el pH encontrándose una relación entre el pH, la respiración y la cantidad de aceite agregado estos resultados concuerdan con lo dicho según Arroyo y Quesada (2004) los cuales indican que la mayor parte de los microorganismos tienen mayor crecimiento y actividad en un pH entre (6-8). Y a medida que disminuye también lo hará la actividad microbiana lo cual se verifica en la correlación para la actividad microbiana con respecto al pH donde para Tinaquillo es de 0,7598 y para Tocuyito de 0,8947 (anexos tablas 42 y 43).

Cabe destacar que a pesar de la disminución del pH, los valores de respiración se mantuvieron siempre altos en los suelos a cualquier porcentaje de aceite al compararlos con el suelo control esto debido al aumento en la materia orgánica presente en el suelo en donde los microorganismos se encuentran activamente degradando el aceite comestible usado mientras que en el suelo control se encuentran en un

equilibrio metabólico de bajo consumo debido a la poca materia orgánica presente.

A partir de los datos obtenidos (Anexos Tablas 28 y 31) durante el periodo de incubación por 32 días se obtuvieron las siguientes graficas para ambos suelos.

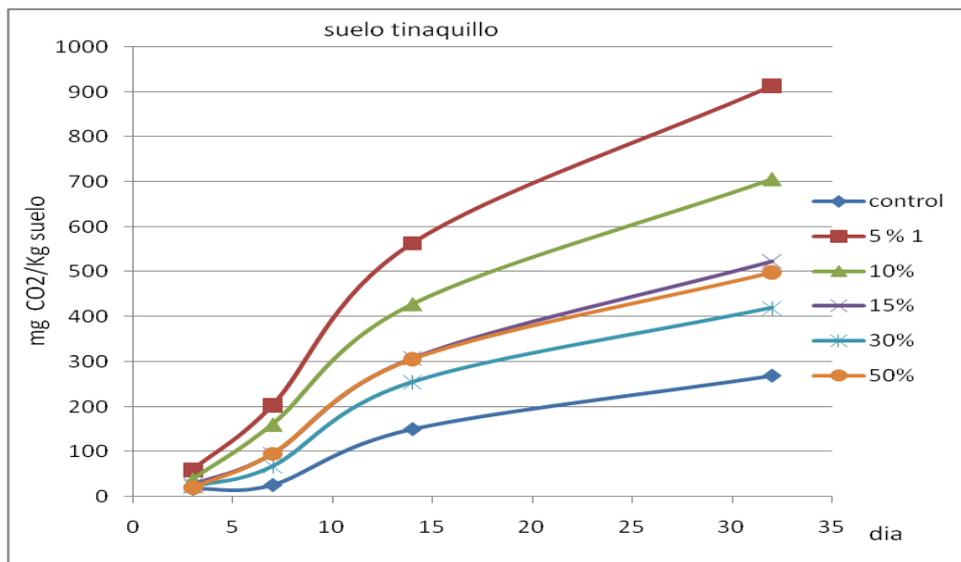


Figura 3: Actividad microbiológica del suelo de Tinaquillo

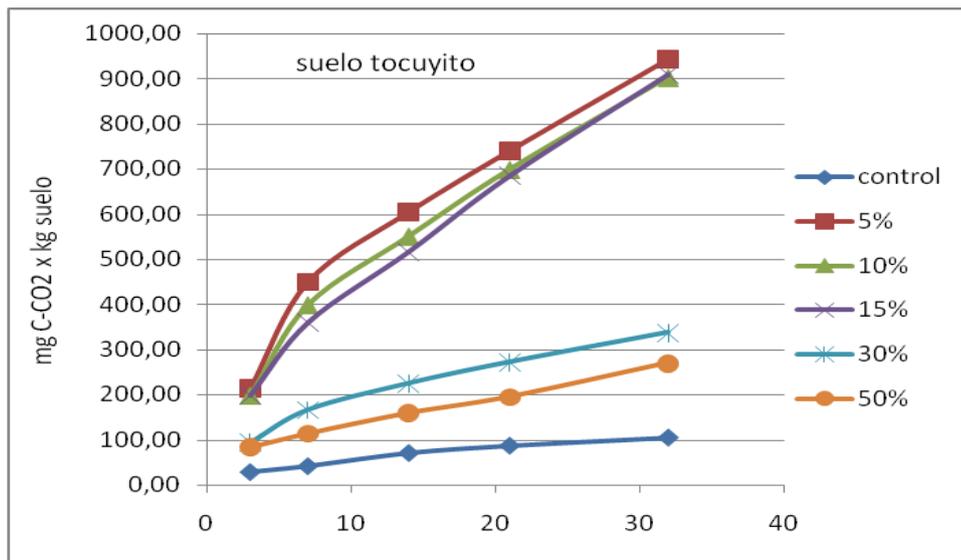


Figura 4: Actividad microbiológica del suelo de Tocuyito.

Era de esperarse que a mayor cantidad de aceite agregado mayor fuera la respiración sin embargo debido a que el aceite comestible usado en el proceso de la fritura de los alimentos en presencia de oxígeno se forman compuestos de oxidación lipídica que en ciertas cantidades inhiben la actividad de los microorganismos de manera temporal o definitiva en conjunto con la disminución del pH en el suelo hacen que la actividad microbiológica disminuya entre los sistemas suelo-aceite.

4.4 Biomasa microbiana (C_{mic})

La biomasa microbiana se define como la parte viva de la materia orgánica constituida por microorganismos con un tamaño de $5-10\mu m^3$ (Alef y Nannipieri, 1995). Es de gran importancia estudiar la biomasa microbiana y sus funciones en la transformación de nutrientes, su papel en la formación y estabilización de los suelos (Contreras 2002), ya que este es un indicador de la calidad del suelo, generalmente el carbono de la biomasa microbiana responde rápidamente y es más sensible a las variaciones que puedan sufrir la calidad de suelo.

Tabla 6 Biomasa microbiana por el método R.I.S.

(g aceite/100 g suelo humedo)	biomasa microbiana mg C_{mic} x kg suelo	
	Tinaquillo	Tocuyito
0	26 ± 6^a	56 ± 27^{ab}
5	59 ± 7^b	116 ± 42^b
10	38 ± 14^a	98 ± 32^{ab}
15	24 ± 19^a	81 ± 14^{ab}
30	36 ± 21^a	78 ± 12^{ab}
50	30 ± 14^a	43 ± 10^a

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas.

Como se puede observar en la tabla 6 la mayor cantidad de biomasa microbiana se encuentra en un valor de 5% con diferencias significativas por análisis de muestras pareadas con respecto al control y a todos los sistemas suelo-aceite para el suelo de Tinaquillo y para el suelo de Tocuyito en un intervalo de (5-10)% sin diferencias significativas entre si (anexos tabla 35 y 37); siendo estas las cantidades adecuadas de aceite comestible usado que produce un aumento favorable en la biomasa microbiana para ambos suelos en comparación con los suelos controles y los demás sistemas suelo aceite. A mayores porcentajes de aceite se nota una disminución de la biomasa debido a que hay grandes cantidades de aceite comestible usado los cuales en el proceso de la fritura de los alimentos en presencia de oxígeno forman compuestos de oxidación lipídica o otros contaminantes (Barrera, 1998) estos compuestos inhiben a los microorganismos de forma temporal o definitiva donde existe una correlación negativa de $-0,3607$ para el suelo de Tinaquillo y de $-0,6996$ para el suelo de Tocuyito con respecto a la cantidad de materia orgánica (tabla anexos 42 y 43). Estos resultados aunque los contaminantes son distintos son similares a los obtenidos por Guerrero (2010) donde observó que la biomasa microbiana disminuía en los suelos con mayores fracciones de petróleo en comparación con los suelos sin petróleo en donde concluyó que los contaminantes presentes en el petróleo producían muerte o inhibición de la biomasa microbiana.

4.5 Coeficiente metabólico

El coeficiente metabólico es el cociente resultante de la relación entre la actividad microbiana y la biomasa microbiana, el cual representa la tasa de mineralización de carbono por unidad de biomasa microbiana (Jaramillo 2002)

Tabla 7 coeficiente metabólico de los suelos en estudio.

(g aceite/100 g suelo humedo)	Coeficiente metabólico qCO_2 (h^{-1})	
	Tinaquillo	Tocuyito
0	0,014±0,003 ^a	0,003±0,001 ^a
5	0,020±0,003 ^a	0,012±0,004 ^{ab}
10	0,028±0,012 ^{ab}	0,013±0,003 ^b
15	0,039±0,018 ^b	0,015±0,004 ^b
30	0,022±0,015 ^a	0,006±0,001 ^{ab}
50	0,026±0,012 ^{ab}	0,009±0,003 ^{ab}

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas.

En la tabla anterior se observa que ambos suelos presentan un aumento considerable en el coeficiente metabólico en un porcentaje de 15% para el suelo de tinaquillo y entre (10-15) % y presentando diferencias significativas con respecto al suelo control (anexas tablas 39 y 41).

Adicionalmente los coeficientes metabólicos del suelo de Tinaquillo son mayores con respecto al de Tocuyito esto debido a que la actividad microbiana de ambos suelos son relativamente parecidas pero la biomasa original del suelo de Tinaquillo es menor que el de Tocuyito por lo que se someten a un stress alto para poder degradar las grandes cantidades de aceite comestible usado.

Este comportamiento se puede deber a que el suelo de Tinaquillo es proveniente de un suelo industrial que aunque se tomo relativamente lejos de los depósitos de escoria, este suelo pudo haber estado es presencia de contaminantes, haciendo que los microorganismos allí presentes sean genéticamente más fuertes y resistentes a contaminantes (Duran, 2011).

Los coeficientes metabólicos más altos de Tinaquillo con respecto a Tocuyito también se podría explicar de manera sencilla con un ejemplo donde tenemos microorganismos deficientes de materia orgánica (suelo Tinaquillo) y microorganismos con mayor disponibilidad de materia orgánica (suelo Tocuyito), como la materia orgánica es la fuente de energía de estos microorganismos para cumplir sus diversos ciclos, al agregar una gran cantidad de materia orgánica los microorganismos deficientes en materia orgánica se adaptan para consumir de manera más rápida y fijar al suelo esta materia orgánica en comparación con los microorganismos del suelo de Tocuyito.

En general, se encuentra que un $q\text{CO}_2$ elevado implica un mayor estrés del ecosistema. Aunque los datos de $q\text{CO}_2$ deben interpretarse con cierta cautela ya que un coeficiente más elevado que otro puede indicar un mayor nivel de estrés, un ecosistema inmaduro o un sustrato fácilmente mineralizable (Sparling 1992).

4.6 Perfiles de los ésteres metílicos de ácidos grasos.

Según Di Castri (2003) “en la actual sociedad es la biodiversidad la que ofrece a la humanidad los servicios ecológicos esenciales: el reciclaje de los elementos nutritivos y la descontaminación natural de la tierra y del mar, la conservación de la calidad del agua, del suelo y del aire, la regulación de los sistemas climáticos, los mecanismos de reproducción de animales y plantas, incluyendo la polinización, el control natural de las plagas y de las invasiones biológicas, la conservación de los paisajes” donde se incluyen además todas las propiedades del suelo.

Por lo mencionado anteriormente surge la importancia de caracterizar las comunidades microbianas las cuales se determinaron por el método descrito por Ritchie et al. (2000) Determinando el perfil de ácidos grasos solamente para el suelo de Tinaquillo debido a que en la esterificación de ácidos grasos del suelo de Tocuyito en la fase de extracción hubo una co-extracción de los ácidos húmicos debido a la mayor cantidad de materia orgánica del suelo en comparación con el suelo de Tinaquillo, adicional a esto el suelo de Tocuyito es de origen agrícola en donde hay macro-organismos como lombrices que confieren sustancias húmicas al suelo. Estas sustancias húmicas son solubles en hexano y no se pueden separar con facilidad de los esteres metílicos de los ácidos grasos; Por lo que no se paso por el cromatografo para evitar la posible obstrucción del capilar.

Para el suelo de Tinaquillo se realizó una corrida cromatografica por cada sistema suelo-aceite, el control negativo y el aceite comestible usado; con respecto al cromatograma del suelo control (Figura 5) en este se observaron una gran cantidad de picos de diversos acidos grasos que no vuelven a aparecer en ninguno de los sistemas suelo-aceite. Por ejemplo el i-C17:0 que es característico para bacterias Gram positivas con un porcentaje de 11,798% en el suelo control (Anexos Tabla 49) no aparece por ejemplo en el cromatograma del suelo al 5% de aceite (Figura 6). Lo

que hace presumir que la bacteria Gram positiva característica de este ácido graso es sensible al aceite comestible usado o algún contaminante presente en este. Por lo que el aceite comestible genera una disminución de la diversidad de las comunidades microbianas y solo los más fuertes o con mejor adaptación al contaminante sobrevivieron.

A partir de la tabla 2 y los cromatogramas realizados se observó que la presencia de los ácidos grasos más importantes, fueron el 18:2w6,9, 16:0 y 16:1w7, los cuales son característicos para hongos, Bacterias Gram positivas y Bacterias Gram negativas respectivamente. Estos ácidos grasos se observaron en todos los sistemas en distintos porcentajes (tablas 49-59), y presentaron correlaciones de (0,8758; -0,6188; -0,3445) respectivamente con respecto al porcentaje de aceite comestible usado en donde la única correlación significativa fue con respecto al 18:2w6,9 (Anexos Tabla 48), lo que nos indica que hay variaciones en la comunidad microbiana al aumentar el porcentaje de aceite comestible usado, donde hay una tendencia al aumento por parte de los hongos y una disminución de las bacterias Gram positiva y Gram negativas aunque la correlación de estas últimas no es significativa con respecto al aceite comestible usado. Resultados similares obtuvo Bardgett et al. (1995) quien mostró que la cesación de aplicación de fertilizante en un suelo produjo una disminución en el pH desde 5,4 hasta 4,7 de los suelos resultando en un incremento del ácido graso 18:2w6,9 y por ende un aumento de la comunidad de hongos desde $19,98 \pm 5,43\%$ hasta $32,92 \pm 3,95\%$. Este estudio es similar al realizado ya que en los sistemas a mayor porcentaje de aceite agregado hay una disminución del pH.

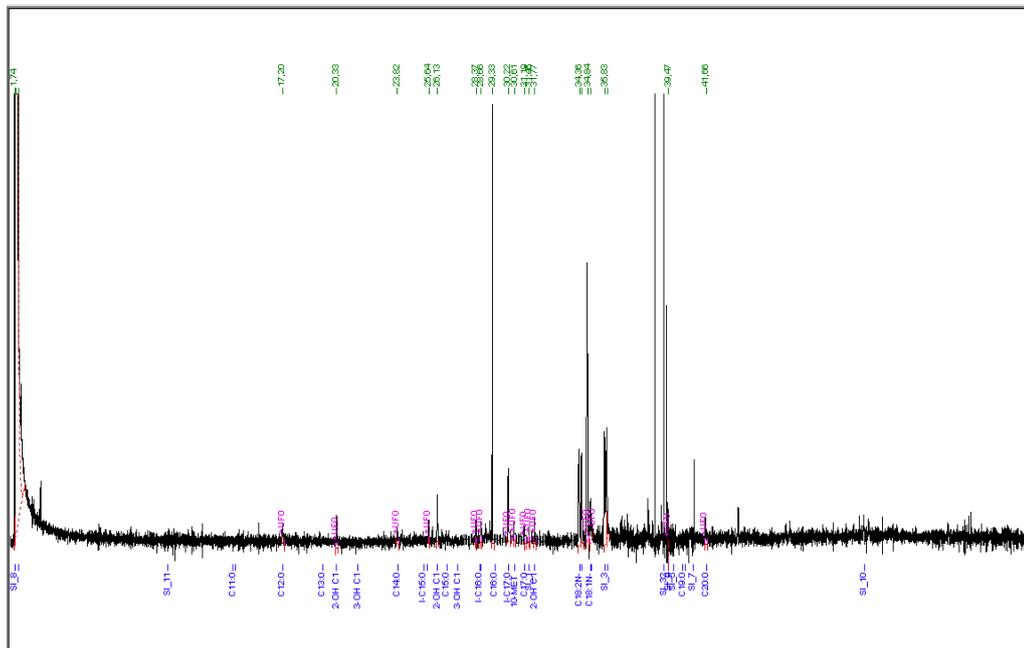


Figura 5 cromatograma suelo control Tinaquillo

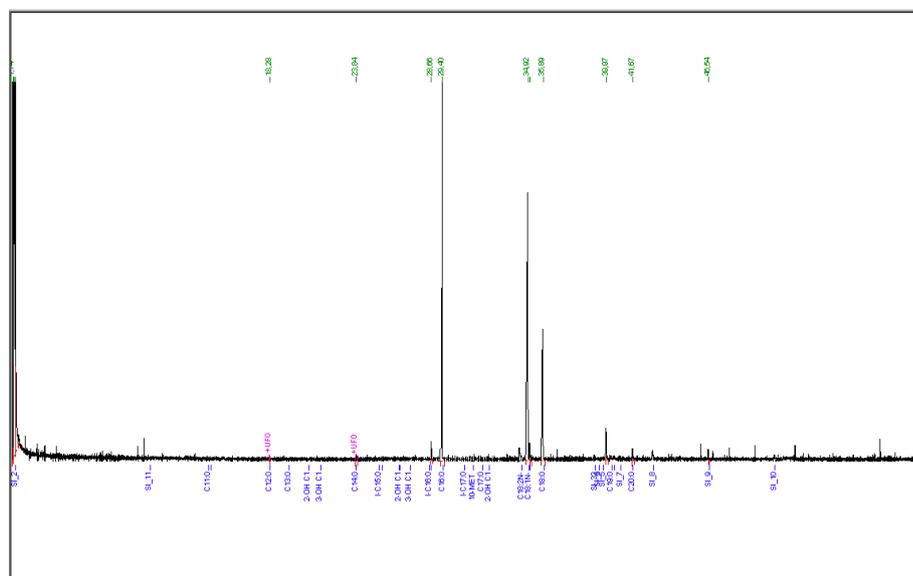


Figura 6 cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 5%

Al observar las distintas tablas de los cromatogramas: suelo control, suelo-aceite, aceite. (Anexos Tablas 49-60) para los porcentajes de los 3 ácidos grasos estudiados se obtuvo el siguiente grafico (figura 7):

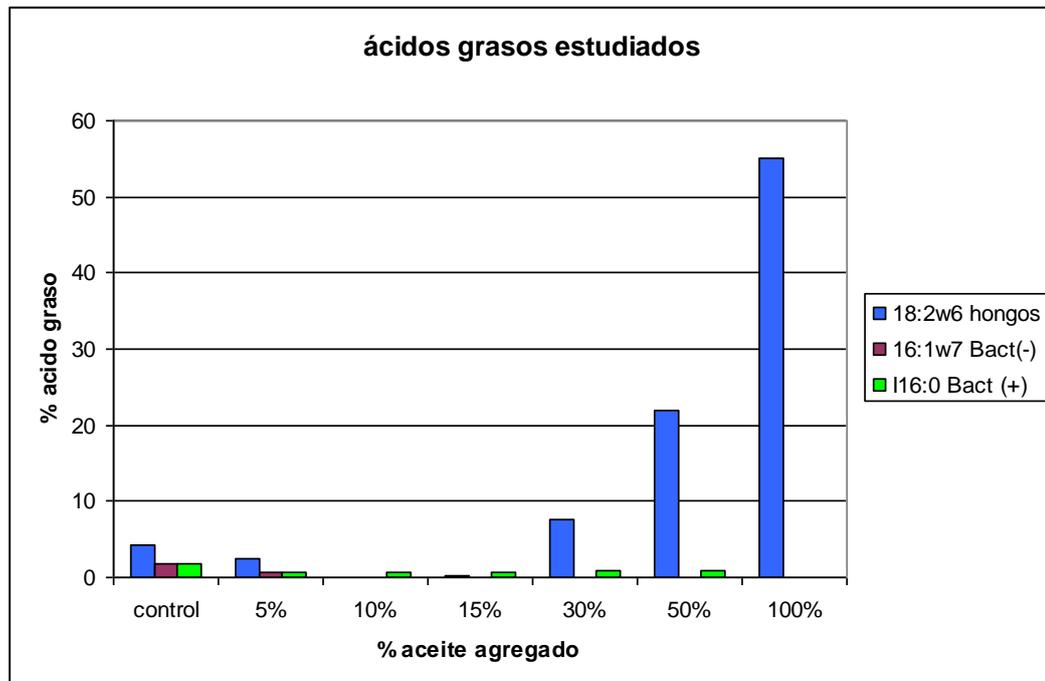


Figura 7 : Porcentajes de los principales ácidos grasos de los microorganismos estudiados en los distintos sistemas.

En la figura anterior se tiene la graficación de los porcentajes de los 3 principales ácidos grasos asociados a los 3 principales grupos de microorganismos que se están estudiando en donde se observa que en el aceite comestible usado (100%) solo se encuentra presente el ácido graso 18:2w6 en un porcentaje de 55%. Lo que hace sospechar que la correlación significativa de este ácido graso en los sistemas es solo debido al aceite agregado y no a crecimiento de hongos.

También hay un hecho particular y es que en los sistemas 10% y 15% donde hubo mayores valores de coeficiente metabólico este ácido graso no aparece quizás debido a que en esos porcentajes algunos microorganismos se encargaron de digerir ese ácido graso usándolo como alimento y cuando se observa el sistema de 30% este ácido graso

comienza a aumentar hasta un 7,8% posiblemente producto de la muerte de los microorganismos degradadores de este ácido graso y luego hasta un 21,91% en el sistema 50%.

A pesar de estos resultados cuando terminó el tiempo de incubación de 3 meses se observó en los sistemas suelo- aceite en especial los de 30 y 50 % la formación de pequeñas capas de color naranja oscuro lo que hace presumir de formación de hongos por lo que para posteriores investigaciones se recomienda realizar un cultivo para observar si hay presencia o no de hongos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El pH disminuye significativamente a medida que se agrega mayor cantidad de aceite comestible usado sobre ambos suelo.
- Para que el suelo permanezca en los parámetros adecuados de pH la máxima cantidad de aceite agregado es un porcentaje de 5% para el suelo de Tinaquillo y para el suelo de Tocuyito en un porcentaje de 15%.
- El porcentaje de materia orgánica total en el suelo aumenta significativamente a medida que se agrega mayor cantidad de aceite comestible usado.
- La materia orgánica mejora la estructura del suelo y le confiere mayor C.I.C sin embargo la materia orgánica en exceso (aceites o grasas) genera una disminución de la C.I.C produciendo una capa que no permite el intercambio de cationes.
- Todos los valores de degradación estuvieron por encima del 50% para los dos suelos a los distintos porcentajes de aceite agregado indicando una alta efectividad por parte de los microorganismos del suelo para degradar el aceite comestible usado en un corto periodo de tiempo.

- Los suelos en estudio tienen un potencial de biorremediación ya que debido a la actividad microbiológica de los mismos se puede inferir que poseen microorganismos que degradan el aceite comestible usado, presentando mayores valores de actividad microbiológica a distintos porcentajes con respecto al control.
- El coeficiente metabólico (q_{CO_2}) aumentó en los sistemas suelo-aceite, en comparación con el suelo control, por lo que el aceite comestible usado provocó un estrés microbiano en dichas muestras.
- El aceite comestible usado generó una disminución de la diversidad de las comunidades microbianas y solo los más fuertes o con mejor adaptación al contaminante debieron haber sobrevivido.
- La cantidad adecuada de aceite comestible para mejorar las propiedades del suelo sería en un porcentaje de 5%; sin embargo hasta valores del 15% todavía la mayoría de las propiedades del suelo no se ven gravemente afectadas.

Recomendaciones

Para la determinación de bases intercambiables (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} , K^{+}) para recoger el lixiviado es recomendable no usar lavados con etanol debido a que los ácidos grasos pasan al lixiviado y no se puede pasar al absorción atómica ya que puede producir obstrucción de la columna.

Se recomienda realizar la determinación de la biomasa microbiana mediante el método de fumigación para compararlo con el método de respiración inducida por sustrato debido a la alta variabilidad obtenida en los resultados de este trabajo.

Debido a que el aceite comestible usado disminuye el pH del suelo y mejora mucha de sus propiedades se puede utilizar este como enmienda orgánica para la mejora de suelos que presenten problemas de pH básicos.

Se recomienda realizar un cultivo para observar si hay presencia o no de hongos en los diversos sistemas suelo-aceite.

Diversos autores han demostrado que la humedad del suelo, tiene una marcada influencia sobre los parámetros biológicos estudiados, por lo que se recomienda realizar el estudio de la biomasa microbiana y la actividad microbiológica y como son influenciadas por la humedad.

Bibliografía

Alef, K., Nannipieri, P., (1995). Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academic Press, London. p.450.

Anderson, J. P. (1982) soil respiration. P. 831-871. En: methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. 2nd ed. (A.L.Page, R. H. Miller and D.R. Keeney eds.) Soil Science Society of America Number 9 SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

Anderson, J. P., Domsch, K. H. (1978) A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. Soil Biol. Biochem., **10**: 215-221.

Anderson, T.H.; Domsch, K. H. (1990) Application of ecophysiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories. Soil Biol. Biochem. **22**: 251-255.

Arroyo, M., Quesada, J. (2004). Aplicación de sistemas de biorremediación de suelos y aguas contaminadas por hidrocarburos. Geocisa. División de Protección Ambiental, Guadalajara-México. p. 299

Baldock, J. A., Nelson, P. N. (2000). Soil Organic Matter. En "*Handbook of Soil Science*". (Ed M. E. Sumner.) CRC Press: Boca Raton, USA. P.p. B25-B84.

Baldock, J. A., Skjemstad, J. O. (1999). Soil organic carbon/soil organic matter. In "Soil Analysis: an Interpretation Manual". (Eds. K. I. Peverill, L. A. Sparrow, and D. J. Reuter.) CSIRO Publishing: Collingwood. P.p. 159-170.

Bardgett R. D.; Philip J. H.; Asa F.(1995). Changes in soil fungal:bacterial biomass ratios following reductions in the intensity of management of an upland grassland. Biol Fertil Soils **22**:261-264

Barrera D. (1998) Estabilidad y utilización de nitrógeno en aceites y grasas Lab oleos e gorduras, facultad de engenharia de alimento vol 49 55-63.

Barrios, L., Polychroniadis, C. (2006). Evaluación del proceso de biorremediación de un suelo en la degradación de hidrocarburos saturados y aromáticos empleando bioestimulación. Trabajo especial de grado, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo. p. 103

Bierderbeck, V.O.; HH Janzen; CA Campbell y RP Zentner.(1994). Labile soil organic matter as influence by cropping practices in an arid environment. *Soil biology and biochemistry* 26: 1647-1656.

Bloem J., Hopkins D., Benedetti A. (2006) *Microbiological Methods for Assessing soil Quality*. Cabi Publishing. London

Boulding, T. R., (1994). Description and sampling of contaminated soils: A field manual. Lewis Publisher. 2nd ed. Bloomington. Indiana. 3-65, 70pp.

Buchmann, N. (2000). Factores bióticos y abióticos control de la respiración del suelo en las tasas de Picea abies stands. *Biología del suelo y bioquímica* 32, pp. 1625-1635.

Bundy, J. G., Paton, G. I., Campbell C.D. (2002). Microbial communities in different soil types do not converge after diesel contamination. *Journal of Applied Microbiology* 92: 276-288.

Camacho C. (2007) *Coeficiente de Correlación Lineal de Pearson*. Análisis de Datos II. Universidad de Sevilla. Referencia Electrónica. Recuperado 10 septiembre del 2011. <http://personal.us.es/vararey/adatos2/correlacion.pdf>

Cambardella, C. A., Elliott E.T. (1992). Particulate organic matter changes across a grassland cultivation sequence. *The Soil Science Society of America Journal* 56: 777-783.

CBD (2000) Convention for Biological Diversity. Sustaining life on Earth www.cbd.int consultado septiembre 2012.

Chang, S.X., Preston, C.M. y Weetman, G.F. (1995) Soil microbial biomass and microbial mineralizable N in a clear-cut chronosequence on

north Vancouver Island, British Columbia. Canadian J. Forest Research, 25: 1595-1607.

Contreras, F., (2002). Efecto de la adición de enmiendas orgánicas sobre las actividades enzimáticas (deshidrogenasa, ureas, fosfomonoesterasa ácida y arilsulfatasa) y la mineralización del carbono en suelos del Municipio Rivas Dávila (Estado Mérida). Tesis Doctoral, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, p. 113-115.

Crosara, A. (2009) Clase 3 MOS. Universidad de la República de Uruguay, facultad de ciencias. Disponible en internet el 12 de enero de 2012. <http://www.edafología.fcien.edu.uy/archivos/clase%203%20MOS>.

Di Castri, F. (2003) Globalización y Biodiversidad. En Figueroa, E. y Simonetti, J. Globalización y Biodiversidad: oportunidades y Desafíos para la sociedad chilena. Chile, Ed. Universitaria, 2003. 327p.

Duran, D. (2011) Determinación del impacto de la actividad metalúrgica sobre propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Trabajo Especial de Grado. Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

Espinosa, J. 1994. Acidez y encalado de los suelos. En: Fertilidad de suelos: Diagnóstico y control. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS). Bogotá. pp 113-128.

Fernández, C., Llobregat, M., Jiménez, B., Altamore, V., y Labrador, H. (2008). Biodegradación de asfaltenos y resinas por microorganismos presentes en el suelo contaminados con hidrocarburo. Rev. Fac. Ing. UCV, vol.23, no.4, p.7-15. ISSN 0798-4065.

Galvalizi, D (2009). Contaminación de aguas producto de aceites comestibles. <Http://opinionsur.org.ar/> el-aceite-de-cocina-contamina-el-agua disponible en internet, consultado el 12 de enero 2012.

Guerrero, G. (2010). Estudio de la actividad microbiológica y biomasa microbiana en suelos impactados con petróleo, ubicados en yaracal estado falcón Trabajo Especial de Grado. Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

Innyeperumal K., Shy W. (2007). Soil Microbial Community Composition and Structure: Residual Effects of Contrasting N Fertilization of Swine Lagoon Effluents versus Ammonium Nitrate. *Plant and Soil*. 232. 233-244.

Jackson, M. L. (1965) Análisis químico de suelos 2ª Ed. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. P.p.668.

Jaramillo, D. (2002) Introducción a la ciencia del suelo 2ª edición Ed. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. P.p.662.

Liebig m., Doran J.W. (1999) Impact of organic production practices on soil quality indicators. *J. environ. Qual.* 28: 1601-1609.

Lloyd J. Taylor J.A, (1994) On the temperatura dependence of soil respiration. *Functional Ecology*. Pp 315-323.

Matus, F.J., Maire G., C. R. (2000) Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización del carbono y nitrógeno. *Agric. tec.*, 60(2) 112-12

Mazo, P., Galeno L., Restrepo G., Rios L., (2007) Esterificación de los ácidos grasos libres (FFA) del aceite crudo de palma. Calentamiento convencional vs microondas. *Universidad tecnológica de Pereira* 461-467.

Morgan, P., Watkinson, R. J.; (1989). Hydrocarbon degradation in soils and methods for soils biotreatment. *CRC Critical Rev. in biotechnol.* 8: 308-310.

Olarte, L. I. (1979). Métodos Analíticos del laboratorio de suelos. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" 4ª Ed. Olarte, L. I. Editor. Bogotá, Colombia. P.p. 664.

Palma, D. (2011). Evaluación de la actividad biológica (respiración y biomasa microbiana) como indicadores de la salud de suelos ubicados en San Joaquín, estado Carabobo. Trabajo especial de Grado, Universidad de Carabobo, Valencia Venezuela.

Parra M., Fernández C., Navarro C. y Arquero O. (2002). *Los suelos y la fertilización del olivar cultivado en zonas calcáreas.* Mundi-Prensa. Madrid. (p. p 37-38).

Pérez, E., Garrido, P., y Laca, M. (2008). Indicadores microbiológicos como marcadores de la contaminación y recuperación de suelos contaminados con queroseno. *Ecosistemas* 17(3):133-138

Rastetter, E. B., McKane, R. B., Shaver, G. R., Melillo, J. M., Nadelhoffer, K. J., Hobbie, J. E., and Aber, J. D. (1991) A general biogeochemical model describing the responses of the C and N cycles in terrestrial ecosystems to changes in carbon dioxide, climate, and nitrogen deposition. *Tree Phys.*, 9: 101-126.

Ritchie, N.; Schutter, M.; Dick, R and Myrold D. (2000) Use of length Heterogeneity PCR and Fatty Acid Methyl Ester Profiles To Characterize microbial communities in soil. Department of crop and soil science, Oregon state University, Vol. 66 p. 1668-1675.

Sparling, G.P., (1992). Ratio of microbial biomass carbón to soil organic carbon as sensitivity indicator of changes in soil organic matter. *Austr. J. Soil. Res.* 30: 195-

Soil survey laboratory (SSL). 1995. Information manual. Soil Survey Investigations Report N° 45. Version 1.0.207.

Soil survey laboratory (SSL). 1996. Methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. Version 3.0.

Stevenson, F. J. (1994). *Humus Chemistry. Genesis, composition, reactions.* Wiley and Sons, New York, Pp 348.

Stotzky, G. (1965) Microbial respiration. En: *Methods of Soil Analysis. Part 2* (Black, C.; Evans, D.; Ensminger, L.; White, J. and Clark, F., editores). American society of Agronomy, Madison, USA. Pp. 1550-1572.

Stotzky, G., and Burns, R. G., (1982). The soil environment: clayhumus-microbe interactions. In: Burns, R.G.; J.H. Slayter (Eds.). *Experimental microbial ecology.* Oxford. p. 105-133.

Vestal JR, White CD (1989) Lipid analysis in microbial ecology. *Bioscience* 39:535-541.

Wardle, D.A., Ghani, A.A. (1995). Critique of the microbial metabolic quotient (qCO_2) as bioindicator of disturbance and ecosystem development. *Soil Biol. Biochem.* 27: 1601-1610

Willson, TC; EA Paul y RR Harwood.(2001). Biologically active soil organic matter fractions in sustainable cropping systems.

Zelles L, Bai Q.Y. (1993) Fractionation of fatty acids derived from soil lipids by solid phase extraction and their quantitative analyses by GC- MS. *Soil boil biochem* 25:495-507.

Anexos

Tabla 8 Estadísticas de la C.I.C Tinaquillo

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
CIC TIN con	3	21,6288	1,45997	6,75013%	20,3696	23,2291	2,85955
CIC tin 5%	6	28,8468	3,06758	10,634%	24,0465	32,2632	8,21663
CIC tin 10%	6	28,8258	1,42482	4,94287%	27,093	31,3923	4,29932
CIC tin 15%	6	31,0148	3,10272	10,004%	27,7253	35,2593	7,53405
CIC tin 30%	6	13,2658	1,75812	13,253%	11,4658	16,2926	4,82684
CIC tin 50%	6	12,8311	0,808066	6,2977%	11,3654	13,5827	2,21724
Total	33	22,8361	8,13213	35,6108%	11,3654	35,2593	23,8939

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
CIC TIN con	0,702875	
CIC tin 5%	-0,636614	-0,247812
CIC tin 10%	1,18917	1,33695
CIC tin 15%	0,72169	-0,810699
CIC tin 30%	0,947214	0,631862
CIC tin 50%	-1,33972	1,14207
Total	-0,537532	-1,88051

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1987,89	5	397,578	83,66	0,0000
Intra grupos	128,318	27	4,75252		
Total (Corr.)	2116,21	32			

Tabla 9 pruebas de múltiples rango C.I.C Tinaquillo

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
CIC tin 50%	6	12,8311	X
CIC tin 30%	6	13,2658	X
CIC tin control	3	21,6288	X
CIC tin 5%	6	28,8468	X
CIC tin 10%	6	28,905	X
CIC tin15%	6	31,0148	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
CIC TIN con - CIC tin 5%	*	-7,21799	3,16293
CIC TIN con - CIC tin 10%	*	-7,19699	3,16293
CIC TIN con - CIC tin 15%	*	-9,38595	3,16293
CIC TIN con - CIC tin 30%	*	8,36306	3,16293
CIC TIN con - CIC tin 50%	*	8,79769	3,16293
CIC tin 5% - CIC tin 10%		0,0209975	2,58252
CIC tin 5% - CIC tin 15%		-2,16796	2,58252
CIC tin 5% - CIC tin 30%	*	15,581	2,58252
CIC tin 5% - CIC tin 50%	*	16,0157	2,58252
CIC tin 10% - CIC tin 15%		-2,18896	2,58252
CIC tin 10% - CIC tin 30%	*	15,56	2,58252
CIC tin 10% - CIC tin 50%	*	15,9947	2,58252
CIC tin 15% - CIC tin 30%	*	17,749	2,58252
CIC tin 15% - CIC tin 50%	*	18,1836	2,58252
CIC tin 30% - CIC tin 50%		0,434636	2,58252

* indica una diferencia significativa.

Tabla 10 Estadísticas de la C.I.C Tocuyito

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
CIC Toc con	3	15,4321	0,972713	6,30317%	14,317	16,1064	1,78939
CIC toc 5%	6	19,0271	1,94722	10,2339%	15,7701	21,3456	5,57557
CIC toc 10%	6	19,3324	1,3664	7,06789%	17,4234	21,4568	4,03341
CIC toc 15%	6	22,7004	0,905459	3,98873%	21,6502	23,6857	2,03553
CIC toc 30%	6	20,7359	1,54366	7,44438%	18,9177	23,2157	4,29807
CIC toc 50%	6	16,3122	0,979599	6,00532%	15,1491	17,6865	2,5374
Total	33	19,2407	2,68983	13,9799%	14,317	23,6857	9,3687

	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
CIC Toc con	-1,14578	
CIC toc 5%	-0,801469	0,417268
CIC toc 10%	0,218835	0,341226
CIC toc 15%	-0,105202	-1,25772
CIC toc 30%	0,678079	0,0626143
CIC toc 50%	-0,0534573	-0,484496
Total	-0,145614	-1,206

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	180,529	5	36,1058	19,12	0,0000
Intra grupos	50,9976	27	1,8888		
Total (Corr.)	231,527	32			

Tabla 11 pruebas de múltiples rango C.I.C Tocuyito

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
CIC toc control	3	15,4321	X
CIC toc 50%	6	16,3122	X
CIC toc5%	6	19,0271	X
CIC toc 10%	6	19,3324	XX
CIC toc 30%	6	20,7359	X
CIC toc 15%	6	22,7004	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
CIC Toc con - CIC toc 5%	*	-3,59499	1,99398
CIC Toc con - CIC toc 10%	*	-3,90034	1,99398
CIC Toc con - CIC toc 15%	*	-7,2683	1,99398
CIC Toc con - CIC toc 30%	*	-5,3038	1,99398
CIC Toc con - CIC toc 50%		-0,880073	1,99398
CIC toc 5% - CIC toc 10%		-0,305346	1,62808
CIC toc 5% - CIC toc 15%	*	-3,67331	1,62808
CIC toc 5% - CIC toc 30%	*	-1,70881	1,62808
CIC toc 5% - CIC toc 50%	*	2,71492	1,62808
CIC toc 10% - CIC toc 15%	*	-3,36797	1,62808
CIC toc 10% - CIC toc 30%		-1,40346	1,62808
CIC toc 10% - CIC toc 50%	*	3,02026	1,62808
CIC toc 15% - CIC toc 30%	*	1,96451	1,62808
CIC toc 15% - CIC toc 50%	*	6,38823	1,62808
CIC toc 30% - CIC toc 50%	*	4,42372	1,62808

* indica una diferencia significativa.

Tabla 12 Estadísticas del pH del suelo de Tinaquillo.

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
pH tin control	3	5,21667	0,0585947	1,12322%	5,15	5,26	0,11
pH tin 5%	6	4,78167	0,153156	3,20298%	4,65	5,05	0,4
pH tin 10%	6	4,755	0,0176068	0,37028%	4,74	4,78	0,04
pH tin 15%	6	4,51333	0,0677249	1,50055%	4,43	4,62	0,19
pH tin 30%	6	3,98667	0,15397	3,86212%	3,85	4,27	0,42
pH tin 50%	6	3,76333	0,0826236	2,19549%	3,67	3,85	0,18
Total	33	4,43788	0,481506	10,8499%	3,67	5,26	1,59

	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
pH tin control	-1,06618	
pH tin 5%	1,30693	0,551233
pH tin 10%	0,494676	-0,962539
pH tin 15%	0,55092	-0,0584036
pH tin 30%	1,58162	1,17533
pH tin 50%	0,0236388	-1,39412
Total	-0,411284	-1,33503

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7,11785	5	1,42357	127,57	0,0000
Intra grupos	0,3013	27	0,0111593		
Total (Corr.)	7,41915	32			

Tabla 13 pruebas de múltiples rango pH Tinaquillo.

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
pH tin 50%	6	3,76333	X
pH tin 30%	6	3,98667	X
pH tin 15%	6	4,51333	X
pH tin 10%	6	4,755	X
pH tin 5%	6	4,78167	X
pH tin control	3	5,21667	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
pH tin control - pH tin 5%	*	0,435	0,153266
pH tin control - pH tin 10%	*	0,461667	0,153266
pH tin control - pH tin 15%	*	0,703333	0,153266
pH tin control - pH tin 30%	*	1,23	0,153266
pH tin control - pH tin 50%	*	1,45333	0,153266
pH tin 5% - pH tin 10%		0,0266667	0,125141
pH tin 5% - pH tin 15%	*	0,268333	0,125141
pH tin 5% - pH tin 30%	*	0,795	0,125141
pH tin 5% - pH tin 50%	*	1,01833	0,125141
pH tin 10% - pH tin 15%	*	0,241667	0,125141
pH tin 10% - pH tin 30%	*	0,768333	0,125141
pH tin 10% - pH tin 50%	*	0,991667	0,125141
pH tin 15% - pH tin 30%	*	0,526667	0,125141
pH tin 15% - pH tin 50%	*	0,75	0,125141
pH tin 30% - pH tin 50%	*	0,223333	0,125141

* indica una diferencia significativa.

Tabla 14 Estadísticas del pH del suelo de Tocuyito.

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
pH toc control	3	6,32667	0,0757188	1,19682%	6,24	6,38	0,14
pH toc 5%	6	5,435	0,189182	3,48082%	5,23	5,63	0,4
pH toc 10%	6	5,04333	0,044121	0,874839%	5,0	5,11	0,11
pH toc 15%	6	4,82667	0,0393277	0,8148%	4,76	4,87	0,11
pH toc 30%	6	4,365	0,0320936	0,735249%	4,31	4,39	0,08
pH tc 50%	6	4,15167	0,030605	0,737174%	4,1	4,19	0,09
Total	33	4,90636	0,644029	13,1264%	4,1	6,38	2,28

	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
pH toc control	-1,12932	
pH toc 5%	-0,0659298	-1,43229
pH toc 10%	0,630271	-0,479393
pH toc 15%	-0,899822	0,47293
pH toc 30%	-1,11627	0,297389
pH tc 50%	-0,799999	0,633541
Total	1,83317	0,137277

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	13,055	5	2,61101	323,80	0,0000
Intra grupos	0,217717	27	0,00806358		
Total (Corr.)	13,2728	32			

Tabla 15 pruebas de múltiples rango pH Tocuyito

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
pH toc 50%	6	4,15167	X
pH toc 30%	6	4,365	X
pH toc 15%	6	4,82667	X
pH toc10%	6	5,04333	X
pH toc 5%	6	5,435	X
pH toc control	3	6,32667	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
pH toc control - pH toc 5%	*	0,891667	0,130284
pH toc control - pH toc 10%	*	1,28333	0,130284
pH toc control - pH toc 15%	*	1,5	0,130284
pH toc control - pH toc 30%	*	1,96167	0,130284
pH toc control - pH tc 50%	*	2,175	0,130284
pH toc 5% - pH toc 10%	*	0,391667	0,106377
pH toc 5% - pH toc 15%	*	0,608333	0,106377
pH toc 5% - pH toc 30%	*	1,07	0,106377
pH toc 5% - pH tc 50%	*	1,28333	0,106377
pH toc 10% - pH toc 15%	*	0,216667	0,106377
pH toc 10% - pH toc 30%	*	0,678333	0,106377
pH toc 10% - pH tc 50%	*	0,891667	0,106377
pH toc 15% - pH toc 30%	*	0,461667	0,106377
pH toc 15% - pH tc 50%	*	0,675	0,106377
pH toc 30% - pH tc 50%	*	0,213333	0,106377

* indica una diferencia significativa.

Tabla 16 Estadísticas de la conductividad eléctrica del suelo de Tinaquillo.

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
conductividad tin con	3	147,0	18,0831	12,3015%	130,0	166,0	36,0
conductividad tin 5%	6	214,667	28,1614	13,1187%	177,0	256,0	79,0
conductividad tin 10%	6	331,333	51,3757	15,5058%	296,0	430,0	134,0
conductividad tin 15%	6	607,0	79,604	13,1143%	489,0	682,0	193,0
conductividad tin 30%	6	465,5	28,543	6,13168%	416,0	495,0	79,0
conductividad tin 50%	6	457,333	38,6092	8,44223%	385,0	495,0	110,0
Total	33	390,788	156,843	40,1351%	130,0	682,0	552,0

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
conductividad tin con	0,347623	
conductividad tin 5%	0,111672	-0,166352
conductividad tin 10%	1,8891	1,81521
conductividad tin 15%	-0,784488	-0,662664
conductividad tin 30%	-1,04963	0,636206
conductividad tin 50%	-1,6027	1,56769
Total	0,0928108	-1,00238

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	726166,	5	145233,	64,25	0,0000
Intra grupos	61027,5	27	2260,28		
Total (Corr.)	787194,	32			

Tabla 17 Pruebas de multiples rango conductividad eléctrica del suelo Tinaquillo.

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
conductividad control	3	147,0	X
conductividad tin 5%	6	214,667	X
conductividad tin 10%	6	331,333	X
conductividad tin 50%	6	457,333	X
conductividad tin 30%	6	465,5	X
conductividad tin 15%	6	607,0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
conductividad tin con - conductividad tin 5%		-67,6667	68,9776
conductividad tin con - conductividad tin 10%	*	-184,333	68,9776
conductividad tin con - conductividad tin 15%	*	-460,0	68,9776
conductividad tin con - conductividad tin 30%	*	-318,5	68,9776
conductividad tin con - conductividad tin 50%	*	-310,333	68,9776
conductividad tin 5% - conductividad tin 10%	*	-116,667	56,32
conductividad tin 5% - conductividad tin 15%	*	-392,333	56,32
conductividad tin 5% - conductividad tin 30%	*	-250,833	56,32
conductividad tin 5% - conductividad tin 50%	*	-242,667	56,32
conductividad tin 10% - conductividad tin 15%	*	-275,667	56,32
conductividad tin 10% - conductividad tin 30%	*	-134,167	56,32
conductividad tin 10% - conductividad tin 50%	*	-126,0	56,32
conductividad tin 15% - conductividad tin 30%	*	141,5	56,32
conductividad tin 15% - conductividad tin 50%	*	149,667	56,32
conductividad tin 30% - conductividad tin 50%		8,16667	56,32

* indica una diferencia significativa.

Tabla 18 Estadísticas de la conductividad eléctrica del suelo de Tocuyito.

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
Conductividad toc con	3	146,333	19,8578	13,5703%	132,0	169,0	37,0
Conductividad toc 5%	6	185,167	16,6903	9,01367%	168,0	202,0	34,0
Conductividad toc 10%	6	242,667	25,516	10,5148%	206,0	274,0	68,0
Conductividad toc 15%	6	253,667	19,0753	7,51983%	232,0	285,0	53,0
Conductividad toc 30%	6	400,5	53,6535	13,3966%	345,0	469,0	124,0
Conductividad toc 50%	6	463,167	59,8913	12,9308%	385,0	520,0	135,0
Total	33	294,242	117,446	39,9148%	132,0	520,0	388,0

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Conductividad toc con	1,10016	
Conductividad toc 5%	-0,00964289	-1,61342
Conductividad toc 10%	-0,267925	-0,596813
Conductividad toc 15%	0,788615	0,16333
Conductividad toc 30%	0,651137	-0,941073
Conductividad toc 50%	-0,673499	-0,979603
Total	1,41646	-1,02458

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	401812,	5	80362,3	54,81	0,0000
Intra grupos	39584,5	27	1466,09		
Total (Corr.)	441396,	32			

Tabla 19 Pruebas de múltiples rango conductividad eléctrica del suelo
Tocuyito.

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Conductividad toc con	3	146,333	X
Conductividad toc 5%	6	185,167	X
Conductividad toc 10%	6	242,667	X
Conductividad toc 15%	6	253,667	X
Conductividad toc 30%	6	400,5	X
Conductividad toc 50%	6	463,167	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Conductividad toc con - Conductividad toc 5%		-38,8333	55,5531
Conductividad toc con - Conductividad toc 10%	*	-96,3333	55,5531
Conductividad toc con - Conductividad toc 15%	*	-107,333	55,5531
Conductividad toc con - Conductividad toc 30%	*	-254,167	55,5531
Conductividad toc con - Conductividad toc 50%	*	-316,833	55,5531
Conductividad toc 5% - Conductividad toc 10%	*	-57,5	45,3589
Conductividad toc 5% - Conductividad toc 15%	*	-68,5	45,3589
Conductividad toc 5% - Conductividad toc 30%	*	-215,333	45,3589
Conductividad toc 5% - Conductividad toc 50%	*	-278,0	45,3589
Conductividad toc 10% - Conductividad toc 15%		-11,0	45,3589
Conductividad toc 10% - Conductividad toc 30%	*	-157,833	45,3589
Conductividad toc 10% - Conductividad toc 50%	*	-220,5	45,3589
Conductividad toc 15% - Conductividad toc 30%	*	-146,833	45,3589
Conductividad toc 15% - Conductividad toc 50%	*	-209,5	45,3589
Conductividad toc 30% - Conductividad toc 50%	*	-62,6667	45,3589

* indica una diferencia significativa.

Tabla 20 Estadísticas del porcentaje de materia orgánica total del suelo
de Tinaquillo.

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
%MO tin con	3	3,42119	0,0478654	1,39909%	3,37213	3,46777	0,0956344
%MO tin 5%	6	7,85567	0,258709	3,29328%	7,43198	8,20019	0,768205
%MO tin 10%	6	11,5904	0,393173	3,39222%	11,0434	12,1008	1,05739
%MO tin 15%	6	16,1055	0,286773	1,78059%	15,8403	16,6302	0,789913
%MO tin 30%	6	25,7389	0,39569	1,53732%	25,1038	26,1726	1,06885
%MO tin 50%	6	32,3021	1,89866	5,87782%	29,5892	34,624	5,0348
Total	33	17,3278	9,86655	56,9405%	3,37213	34,624	31,2519

	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
%MO tin con	-0,164413	
%MO tin 5%	-0,61338	0,535755
%MO tin 10%	-0,263492	-0,492726
%MO tin 15%	1,48929	1,1434
%MO tin 30%	-0,593629	0,0329446
%MO tin 50%	-0,16322	-0,512619
Total	0,828945	-1,43118

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3094,83	5	618,967	822,01	0,0000
Intra grupos	20,3308	27	0,752991		
Total (Corr.)	3115,16	32			

Tabla 21 pruebas de multiples rangos del porcentaje de materia orgánica total del suelo de Tinaquillo.

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
% MO tin control	3	3,42119	X
%MO tin 5%	6	7,85567	X
% MO tin 10%	6	11,5904	X
%MO tin 15%	6	16,1055	X
%MO tin 30%	6	25,7389	X
%MO tin 50%	6	32,3021	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
%MO tin con - %MO tin 5%	*	-4,43448	1,25899
%MO tin con - %MO tin 10%	*	-8,16923	1,25899
%MO tin con - %MO tin 15%	*	-12,6843	1,25899
%MO tin con - %MO tin 30%	*	-22,3177	1,25899
%MO tin con - %MO tin 50%	*	-28,8809	1,25899
%MO tin 5% - %MO tin 10%	*	-3,73474	1,02796
%MO tin 5% - %MO tin 15%	*	-8,2498	1,02796
%MO tin 5% - %MO tin 30%	*	-17,8832	1,02796
%MO tin 5% - %MO tin 50%	*	-24,4464	1,02796
%MO tin 10% - %MO tin 15%	*	-4,51505	1,02796
%MO tin 10% - %MO tin 30%	*	-14,1484	1,02796
%MO tin 10% - %MO tin 50%	*	-20,7117	1,02796
%MO tin 15% - %MO tin 30%	*	-9,63339	1,02796
%MO tin 15% - %MO tin 50%	*	-16,1966	1,02796
%MO tin 30% - %MO tin 50%	*	-6,56325	1,02796

* indica una diferencia significativa.

Tabla 22 Estadísticas del porcentaje de materia orgánica total del suelo de Tocuyito.

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
%MO toc con	3	4,39161	0,0748857	1,7052%	4,32369	4,47192	0,148228
%MO toc 5%	6	8,87917	0,396132	4,46136%	8,39992	9,5082	1,10829
%MO toc 10%	6	12,5022	0,859201	6,87242%	11,5365	13,5606	2,02409
%MO toc 15%	6	16,363	0,424487	2,59419%	15,9575	17,0069	1,04939
%MO toc 30%	6	24,1468	1,13469	4,69911%	22,8052	25,6953	2,89004
%MO toc 50%	6	34,4991	0,833734	2,41668%	33,4104	35,5061	2,09575
Total	33	17,9247	9,88572	55,1513%	4,32369	35,5061	31,1824

	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
%MO toc con	0,511681	
%MO toc 5%	0,431286	0,126291
%MO toc 10%	0,452984	-0,95904
%MO toc 15%	0,89722	-0,566382
%MO toc 30%	-0,039445	-0,629571
%MO toc 50%	0,145402	-0,796491
Total	1,30147	-1,02151

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3111,98	5	622,396	1098,27	0,0000
Intra grupos	15,301	27	0,566705		
Total (Corr.)	3127,28	32			

Tabla 23 pruebas de multiples rangos del porcentaje de materia orgánica total del suelo de Tocuyito.

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
% MO toc control	3	4,39161	X
%MO toc 5%	6	8,87917	X
% MO toc 10%	6	12,5022	X
%MO toc 15%	6	16,363	X
%MO toc 30%	6	24,1468	X
%MO toc 50%	6	34,4991	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
%MO toc con - %MO toc 5%	*	-4,48756	1,09221
%MO toc con - %MO toc 10%	*	-8,11055	1,09221
%MO toc con - %MO toc 15%	*	-11,9714	1,09221
%MO toc con - %MO toc 30%	*	-19,7552	1,09221
%MO toc con - %MO toc 50%	*	-30,1075	1,09221
%MO toc 5% - %MO toc 10%	*	-3,62299	0,891785
%MO toc 5% - %MO toc 15%	*	-7,48382	0,891785
%MO toc 5% - %MO toc 30%	*	-15,2677	0,891785
%MO toc 5% - %MO toc 50%	*	-25,62	0,891785
%MO toc 10% - %MO toc 15%	*	-3,86083	0,891785
%MO toc 10% - %MO toc 30%	*	-11,6447	0,891785
%MO toc 10% - %MO toc 50%	*	-21,997	0,891785
%MO toc 15% - %MO toc 30%	*	-7,78384	0,891785
%MO toc 15% - %MO toc 50%	*	-18,1361	0,891785
%MO toc 30% - %MO toc 50%	*	-10,3523	0,891785

* indica una diferencia significativa.

Tabla 24 Estadísticas de la tasa de degradación del suelo de Tinaquillo.

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
% t degra tin 5%	6	89,33	5,17474	5,79283%	81,2432	96,393	15,1498
% t degra tin 10%	6	82,9591	3,83091	4,61783%	78,0331	87,9366	9,90346
%t degra tin 15%	6	84,9331	1,87331	2,20563%	83,4589	88,4051	4,94614
%t degra tin 30%	6	75,3615	1,98009	2,62746%	72,506	77,8133	5,30737
%t degra tin 50%	6	57,7699	3,80077	6,57916%	52,4559	62,7023	10,2463
Total	30	78,0707	11,7737	15,0808%	52,4559	96,393	43,9371

	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
% t degra tin 5%	-0,411483	0,253317
% t degra tin 10%	0,00141612	-0,697357
%t degra tin 15%	1,65346	1,23575
%t degra tin 30%	0,00413655	-0,333612
%t degra tin 50%	0,0275355	-0,451509
Total	-1,91646	-0,197729

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3703,34	4	925,835	73,10	0,0000
Intra grupos	316,649	25	12,6659		
Total (Corr.)	4019,99	29			

Tabla 25 pruebas de múltiples rangos de la tasa de degradación del suelo de Tinaquillo.

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
%t degra tin 50%	6	57,7699	X
%t degra tin 30%	6	75,3615	X
%t degra tin 10%	6	82,9591	X
%t degra tin 15%	6	84,9331	X
%t degra tin 5%	6	89,33	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
% t degra tin 5% - % t degra tin 10%	*	6,3709	4,23184
% t degra tin 5% - %t degra tin 15%	*	4,39687	4,23184
% t degra tin 5% - %t degra tin 30%	*	13,9685	4,23184
% t degra tin 5% - %t degra tin 50%	*	31,5601	4,23184
% t degra tin 10% - %t degra tin 15%		-1,97402	4,23184
% t degra tin 10% - %t degra tin 30%	*	7,5976	4,23184
% t degra tin 10% - %t degra tin 50%	*	25,1892	4,23184
%t degra tin 15% - %t degra tin 30%	*	9,57162	4,23184
%t degra tin 15% - %t degra tin 50%	*	27,1632	4,23184
%t degra tin 30% - %t degra tin 50%	*	17,5916	4,23184

* indica una diferencia significativa.

Tabla 26 Estadísticas de la tasa de degradación del suelo de Tocuyito.

Resumen Estadístico							
	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
% t degra toc 5%	6	89,3601	7,22632	8,08674%	79,1028	98,9988	19,896
% t degra toc 10%	6	82,4003	9,41944	11,4313%	72,0485	96,4615	24,413
%t degra toc 15%	6	80,8361	3,09188	3,82488%	77,8041	85,3845	7,58034
%t degra toc 30%	6	66,4303	3,99639	6,01591%	61,2302	72,0173	10,7871
%t degra toc 50%	6	60,5534	2,09688	3,46285%	57,8099	63,0393	5,22934
Total	30	75,9161	12,1659	16,0255%	57,8099	98,9988	41,1889

	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
% t degra toc 5%	-0,281722	-0,350207
% t degra toc 10%	0,733631	-0,532274
%t degra toc 15%	0,712828	-0,64995
%t degra toc 30%	-0,0405136	-0,434316
%t degra toc 50%	-0,110014	-1,05563
Total	0,384573	-1,15998

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3437,91	4	859,477	25,15	0,0000
Intra grupos	854,366	25	34,1747		
Total (Corr.)	4292,27	29			

Tabla 27 pruebas de múltiples rangos de la tasa de degradación del suelo de Tocuyito.

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
%t degra toc 50%	6	60,5534	X
%t degra toc 30%	6	66,4303	X
%t degra toc 15%	6	80,8361	X
%t degra toc 10%	6	82,4003	X
%t degra toc 5%	6	89,3601	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
% t degra toc 5% - % t degra toc 10%	*	6,95983	6,95124
% t degra toc 5% - %t degra toc 15%	*	8,52402	6,95124
% t degra toc 5% - %t degra toc 30%	*	22,9298	6,95124
% t degra toc 5% - %t degra toc 50%	*	28,8067	6,95124
% t degra toc 10% - %t degra toc 15%		1,56419	6,95124
% t degra toc 10% - %t degra toc 30%	*	15,97	6,95124
% t degra toc 10% - %t degra toc 50%	*	21,8469	6,95124
%t degra toc 15% - %t degra toc 30%	*	14,4058	6,95124
%t degra toc 15% - %t degra toc 50%	*	20,2827	6,95124
%t degra toc 30% - %t degra toc 50%		5,87692	6,95124

* indica una diferencia significativa.

Tabla 28 Cantidad de CO₂ liberado por 32 días (gCO₂/Kg suelo) Tinaquillo

Día	control	5%	10%	15%	30%	50%
3	17,133503	59,6168663	37,93208501	26,2649486	21,64585506	20,2777303
7	25,4458085	203,082759	160,1424625	95,1140716	66,83869032	95,3985796
14	150,256816	564,098769	428,0641954	307,907937	254,4563615	306,452417
32	269,676069	914,113618	706,725297	523,78521	419,6146104	499,433144

Tabla 29 Estadísticas de la actividad microbiológica de Tinaquillo.

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
control tin	3	269,676	3,17187	1,17618%	267,463	273,31	5,84693
tin 5%	6	914,114	24,7609	2,70873%	886,632	952,989	66,3572
tin 10%	6	706,725	41,0546	5,80912%	639,711	758,284	118,572
tin 15%	6	523,785	22,2963	4,25676%	499,341	556,629	57,2881
tin 30%	6	419,615	40,9724	9,76429%	385,152	492,976	107,824
tin 50%	6	499,433	32,1879	6,44489%	440,534	533,742	93,2074
Total	33	581,547	201,152	34,5891%	267,463	952,989	685,526

	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
control tin	1,13936	
tin 5%	0,426711	-0,0377712
tin 10%	-0,585572	0,367813
tin 15%	0,417139	-0,678303
tin 30%	1,34282	0,822685
tin 50%	-1,37918	1,32669
Total	1,07337	-0,848522

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,26722E6	5	253444,	248,18	0,0000
Intra grupos	27572,6	27	1021,21		
Total (Corr.)	1,29479E6	32			

Tabla 30 prueba de múltiples rangos para la actividad microbiana del suelo de Tinaquillo.

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
control tin	3	269,676	X
tin 30%	6	419,615	X
tin 50%	6	499,433	X
tin 15%	6	523,785	X
tin 10%	6	706,725	X
tin 5%	6	914,114	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
control tin - tin 5%	*	-644,438	46,3644
control tin - tin 10%	*	-437,049	46,3644
control tin - tin 15%	*	-254,109	46,3644
control tin - tin 30%	*	-149,939	46,3644
control tin - tin 50%	*	-229,757	46,3644
tin 5% - tin 10%	*	207,388	37,8564
tin 5% - tin 15%	*	390,328	37,8564
tin 5% - tin 30%	*	494,499	37,8564
tin 5% - toc 50%	*	414,68	37,8564
tin 10% - tin 15%	*	182,94	37,8564
tin 10% - tin 30%	*	287,111	37,8564
tin 10% - tin 50%	*	207,292	37,8564
tin 15% - tin 30%	*	104,171	37,8564
tin 15% - tin 50%		24,3521	37,8564
tin 30% - tin 50%	*	-79,8185	37,8564

* indica una diferencia significativa.

Tabla 31 Cantidad de CO₂ liberado por 32 días (gCO₂/Kg suelo) Tocuyito

	dia 3	dia 7	dia 14	dia 21	dia 32
Control	28,32	41,61	70,74	86,94	105,07
5%	213,845571	449,858432	604,954425	740,478085	943,590685
10%	197,265165	398,223007	550,522288	698,521622	902,816361
15%	197,884128	359,41343	516,446468	684,589255	909,174923
30%	92,8134375	165,855434	224,699987	271,912803	337,597793
50%	83,216589	113,462778	159,084634	195,082043	269,679707

Tabla 32 Estadísticas de la actividad microbiológica de Tocuyito.

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
control toc	3	105,068	10,3208	9,82298%	93,9494	114,342	20,393
toc 5%	6	943,591	23,457	2,48593%	909,095	964,128	55,0332
toc 10%	6	902,816	50,7402	5,62021%	852,657	997,031	144,374
toc 15%	6	909,175	48,7385	5,36073%	849,623	957,88	108,256
toc 30%	6	337,598	27,6111	8,17871%	295,489	377,423	81,9345
toc 50%	6	269,68	16,095	5,96817%	247,283	295,635	48,352
Total	33	620,981	337,871	54,4093%	93,9494	997,031	903,081

	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
control toc	-0,550328	
toc 5%	-0,557605	-0,814775
toc 10%	1,57167	1,40814
toc 15%	-0,136647	-1,4169
toc 30%	-0,152878	0,324773
toc 50%	0,45946	0,584233
Total	-0,626531	-2,16169

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3,62019E6	5	724039,	595,62	0,0000
Intra grupos	32821,3	27	1215,6		
Total (Corr.)	3,65302E6	32			

Tabla 33 prueba de múltiples rangos para la actividad microbiana del suelo de Tocuyito.

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
control tin	3	105,068	X
tin 50%	6	269,68	X
tin 30%	6	337,598	X
tin 10%	6	902,816	X
tin 15%	6	909,175	X
tin 5%	6	943,591	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
control toc - toc 5%	*	-838,523	50,5852
control toc - toc 10%	*	-797,749	50,5852
control toc - toc 15%	*	-804,107	50,5852
control toc - toc 30%	*	-232,53	50,5852
control toc - toc 50%	*	-164,612	50,5852
toc 5% - toc 10%		40,7743	41,3027
toc 5% - toc 15%		34,4158	41,3027
toc 5% - toc 30%	*	605,993	41,3027
toc 5% - toc 50%	*	673,911	41,3027
toc 10% - toc 15%		-6,35856	41,3027
toc 10% - toc 30%	*	565,219	41,3027
toc 10% - toc 50%	*	633,137	41,3027
toc 15% - toc 30%	*	571,577	41,3027
toc 15% - toc 50%	*	639,495	41,3027
toc 30% - toc 50%	*	67,9181	41,3027

* indica una diferencia significativa.

Tabla 34 Estadísticas de la biomasa microbiana del suelo de Tinaquillo.

Resumen Estadístico

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
biomasa control Tin	3	25,6791	5,80431	22,6032%	21,8768	32,3601	10,4833
Biomasa 5% Tin	6	59,0817	7,35183	12,4435%	50,8187	70,4403	19,6216
Biomasa 10% Tin	6	38,0081	14,202	37,3656%	22,1305	50,9991	28,8686
Biomasa 15% Tin	6	23,9353	18,7688	78,4145%	12,6702	61,0949	48,4247
Biomasa 30% tin	6	36,4666	20,7151	56,8056%	12,2437	60,4693	48,2256
Biomasa 50% tin	6	30,4847	14,1457	46,4027%	13,0722	51,2262	38,154
Total	33	36,512	18,4072	50,414%	12,2437	70,4403	58,1965

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
biomasa control Tin	1,18995	
Biomasa 5% Tin	0,320032	-0,0900511
Biomasa 10% Tin	-0,227165	-1,39888
Biomasa 15% Tin	2,13837	2,38426
Biomasa 30% tin	0,215047	-1,12573
Biomasa 50% tin	0,440784	-0,469467
Total	0,548717	-1,71163

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	4588,85	5	917,77	3,96	0,0080
Intra grupos	6253,52	27	231,612		
Total (Corr.)	10842,4	32			

Tabla 35 prueba de múltiples rangos para la biomasa microbiana del suelo de Tinaquillo.

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
biomasa 15% tin	6	23,9353	X
Biomasa control tin	3	25,6791	X
biomasa tin 50%	6	30,4847	X
biomasa 30% tin	6	36,4666	X
biomasa 10% tin	6	38,0081	X
biomasa 5% tin	6	59,0817	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
biomasa control Tin - Biomasa 5% Tin	*	-33,4026	22,0805
biomasa control Tin - Biomasa 10% Tin		-12,329	22,0805
biomasa control Tin - Biomasa 15% Tin		1,74383	22,0805
biomasa control Tin - Biomasa 30% tin		-10,7875	22,0805
biomasa control Tin - Biomasa 50% tin		-4,80561	22,0805
Biomasa 5% Tin - Biomasa 10% Tin	*	21,0736	18,0286
Biomasa 5% Tin - Biomasa 15% Tin	*	35,1464	18,0286
Biomasa 5% Tin - Biomasa 30% tin	*	22,6151	18,0286
Biomasa 5% Tin - Biomasa 50% tin	*	28,597	18,0286
Biomasa 10% Tin - Biomasa 15% Tin		14,0728	18,0286
Biomasa 10% Tin - Biomasa 30% tin		1,54154	18,0286
Biomasa 10% Tin - Biomasa 50% tin		7,5234	18,0286
Biomasa 15% Tin - Biomasa 30% tin		-12,5313	18,0286
Biomasa 15% Tin - Biomasa 50% tin		-6,54944	18,0286
Biomasa 30% tin - Biomasa 50% tin		5,98187	18,0286

* indica una diferencia significativa.

Tabla 36 Estadísticas de la biomasa microbiana del suelo de Tocuyito.

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
biomasa control Toc	3	56,4369	26,5851	47,1058%	36,6599	86,6581	49,9982
Biomasa 5% Toc	6	116,239	42,4268	36,4997%	77,4311	189,238	111,807
Biomasa 10% Toc	6	98,2224	31,7969	32,3724%	67,1156	156,592	89,4761
Biomasa 15% Toc	6	81,2608	14,1981	17,4723%	55,9581	97,2913	41,3332
Biomasa 30% toc	6	78,3057	11,8221	15,0973%	66,1978	96,8671	30,6693
Biomasa 50% toc	6	43,1691	10,3629	24,0053%	26,6649	56,691	30,0261
Total	33	80,9846	34,1797	42,2052%	26,6649	189,238	162,573

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
biomasa control Toc	1,05714	
Biomasa 5% Toc	1,11134	0,45683
Biomasa 10% Toc	1,46402	1,25601
Biomasa 15% Toc	-1,24574	1,0016
Biomasa 30% toc	0,662165	-0,208568
Biomasa 50% toc	-0,60719	0,224297
Total	2,76702	2,79622

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	19671,4	5	3934,28	6,00	0,0007
Intra grupos	17712,6	27	656,022		
Total (Corr.)	37384,0	32			

Tabla 37 prueba de múltiples rangos para la biomasa microbiana del suelo de Tocuyito.

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Biomasa 50% toc	6	43,1691	X
biomasa control Toc	3	56,4369	XX
Biomasa 30% toc	6	78,3057	XX
Biomasa 15% Toc	6	81,2608	XX
Biomasa 10% Toc	6	98,2224	XX
Biomasa 5% Toc	6	116,239	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
biomasa control Toc - Biomasa 5% Toc	*	-59,8019	37,1609
biomasa control Toc - Biomasa 10% Toc	*	-41,7854	37,1609
biomasa control Toc - Biomasa 15% Toc		-24,8238	37,1609
biomasa control Toc - Biomasa 30% toc		-21,8688	37,1609
biomasa control Toc - Biomasa 50% toc		13,2679	37,1609
Biomasa 5% Toc - Biomasa 10% Toc		18,0165	30,3418
Biomasa 5% Toc - Biomasa 15% Toc	*	34,9781	30,3418
Biomasa 5% Toc - Biomasa 30% toc	*	37,9332	30,3418
Biomasa 5% Toc - Biomasa 50% toc	*	73,0698	30,3418
Biomasa 10% Toc - Biomasa 15% Toc		16,9616	30,3418
Biomasa 10% Toc - Biomasa 30% toc		19,9167	30,3418
Biomasa 10% Toc - Biomasa 50% toc	*	55,0533	30,3418
Biomasa 15% Toc - Biomasa 30% toc		2,95508	30,3418
Biomasa 15% Toc - Biomasa 50% toc	*	38,0917	30,3418
Biomasa 30% toc - Biomasa 50% toc	*	35,1366	30,3418

* indica una diferencia significativa.

Tabla 38 Estadísticas del coeficiente metabólico de Tinaquillo

Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
coef tin control	3	0,0140786	0,00268532	19,0738%	0,0109972	0,0159191
Coef tin 5%	6	0,020439	0,00291438	14,259%	0,0168783	0,0244176
Coef tin 10%	6	0,0278813	0,0120341	43,1617%	0,0165753	0,0434655
Coef tin 15%	6	0,0390796	0,0178302	45,6253%	0,0106422	0,0552828
Coef tin 30%	6	0,0214503	0,0146805	68,4397%	0,00840533	0,0453922
coef tin 50%	6	0,0264731	0,0145748	55,0552%	0,0127402	0,0519322
Total	33	0,0258841	0,0140256	54,1863%	0,00840533	0,0552828

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
coef tin control	0,00492185	-1,1564	
Coef tin 5%	0,00753935	0,48755	-0,651566
Coef tin 10%	0,0268902	0,535056	-1,07457
Coef tin 15%	0,0446406	-0,755035	-0,315101
Coef tin 30%	0,0369868	0,855771	-0,124914
coef tin 50%	0,039192	1,13586	0,633627
Total	0,0468775	1,99682	-0,409662

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,00178471	5	0,000356941	2,14	0,0915
Intra grupos	0,00451028	27	0,000167047		
Total (Corr.)	0,00629498	32			

Tabla 39 pruebas de múltiples rangos para el coeficiente metabólico del suelo de Tinaquillo.

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
coef tin control	3	0,0140786	x
coef tin 5%	6	0,020439	x
coef tin 30%	6	0,0214503	x
coef tin 50%	6	0,0264731	xx
coef tin 10%	6	0,0278813	xx
coef tin 15%	6	0,0390796	x

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
coef tin control - Coef tin 5%		-0,00636036	0,018752
coef tin control - Coef tin 10%		-0,0138027	0,018752
coef tin control - Coef tin 15%	*	-0,025001	0,018752
coef tin control - Coef tin 30%		-0,00737165	0,018752
coef tin control - coef tin 50%		-0,0123945	0,018752
Coef tin 5% - Coef tin 10%		-0,00744239	0,0153109
Coef tin 5% - Coef tin 15%	*	-0,0186407	0,0153109
Coef tin 5% - Coef tin 30%		-0,00101129	0,0153109
Coef tin 5% - coef tin 50%		-0,00603413	0,0153109
Coef tin 10% - Coef tin 15%		-0,0111983	0,0153109
Coef tin 10% - Coef tin 30%		0,00643109	0,0153109
Coef tin 10% - coef tin 50%		0,00140825	0,0153109
Coef tin 15% - Coef tin 30%	*	0,0176294	0,0153109
Coef tin 15% - coef tin 50%		0,0126065	0,0153109
Coef tin 30% - coef tin 50%		-0,00502284	0,0153109

* indica una diferencia significativa.

Tabla 40 Estadísticas del coeficiente metabólico de Tocuyito.

Resumen Estadístico						
	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
coef toc control	3	0,00281534	0,00124749	44,3105%	0,00141164	0,00379728
Coef toc 5%	6	0,0116909	0,00382076	32,6815%	0,00625518	0,0161403
Coef toc 10%	6	0,0127433	0,00305042	23,9374%	0,00829046	0,0170137
Coef toc 15%	6	0,0151103	0,00379779	25,1338%	0,0117599	0,022149
Coef toc 30%	6	0,00573287	0,00109787	19,1505%	0,00472518	0,0073614
coef toc 50%	6	0,00870585	0,00302113	34,7023%	0,00609961	0,0144363
Total	33	0,0100711	0,00480689	47,7297%	0,00141164	0,022149

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
coef toc control	0,00238564	-0,95283	
Coef toc 5%	0,00988514	-0,129076	-0,518611
Coef toc 10%	0,00872327	-0,0438278	-0,0487219
Coef toc 15%	0,0103891	1,60262	1,29509
Coef toc 30%	0,00263622	0,789532	-0,69528
coef toc 50%	0,00833665	1,77133	1,65443
Total	0,0207374	0,822191	-0,403163

Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,000492991	5	0,0000985982	10,80	0,0000
Intra grupos	0,000246408	27	0,0000091262		
Total (Corr.)	0,000739398	32			

Tabla 41 prueba de múltiples rangos para el coeficiente metabólico del suelo de Tocuyito

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
coef toc control	3	0,00281534	X
coef toc 30%	6	0,00573287	XX
coef toc 50%	6	0,00870585	XX
coef toc 5%	6	0,0116909	XX
coef toc 10%	6	0,0127433	X
coef toc 15%	6	0,0151103	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
coef toc control - Coef toc 5%	*	-0,00887556	0,00438301
coef toc control - Coef toc 10%	*	-0,00992799	0,00438301
coef toc control - Coef toc 15%	*	-0,0122949	0,00438301
coef toc control - Coef toc 30%		-0,00291753	0,00438301
coef toc control - coef toc 50%	*	-0,00589051	0,00438301
Coef toc 5% - Coef toc 10%		-0,00105243	0,00357871
Coef toc 5% - Coef toc 15%		-0,00341939	0,00357871
Coef toc 5% - Coef toc 30%	*	0,00595803	0,00357871
Coef toc 5% - coef toc 50%		0,00298505	0,00357871
Coef toc 10% - Coef toc 15%		-0,00236696	0,00357871
Coef toc 10% - Coef toc 30%	*	0,00701046	0,00357871
Coef toc 10% - coef toc 50%	*	0,00403748	0,00357871
Coef toc 15% - Coef toc 30%	*	0,00937742	0,00357871
Coef toc 15% - coef toc 50%	*	0,00640444	0,00357871
Coef toc 30% - coef toc 50%		-0,00297298	0,00357871

* indica una diferencia significativa

Tabla 42 Correlación lineal de pearson para el suelo de Tinaquillo
($p < 0,05$ N=30)

	pH tin	CIC tin	conductividad tin	% materia organica tin	tasa degradacion tin
pH tin		0,6961	-0,4457	-0,9576	0,8613
		(30)	(30)	(30)	(30)
		0,0000	0,0136	0,0000	0,0000
CIC tin	0,6961		-0,0833	-0,7143	0,6347
	(30)		(30)	(30)	(30)
	0,0000		0,6618	0,0000	0,0002
conductividad tin	-0,4457	-0,0833		0,4958	-0,3019
	(30)	(30)		(30)	(30)
	0,0136	0,6618		0,0053	0,1049
% materia organica tin	-0,9576	-0,7143	0,4958		-0,8755
	(30)	(30)	(30)		(30)
	0,0000	0,0000	0,0053		0,0000
tasa degradacion tin	0,8613	0,6347	-0,3019	-0,8755	
	(30)	(30)	(30)	(30)	
	0,0000	0,0002	0,1049	0,0000	
actividad microbológica	0,7598	0,4717	-0,8046	-0,8096	0,5833
	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)
	0,0000	0,0085	0,0000	0,0000	0,0007
biomasa microbiana	0,2296	0,0746	-0,5176	-0,6071	0,2559
	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)
	0,2222	0,6950	0,0034	0,0502	0,1723
coeficiente metabolico	0,1353	0,2343	0,2923	-0,0262	0,0514
	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)
	0,4761	0,2126	0,1171	0,8906	0,7876

	actividad microbiologica	biomasa microbiana	coeficiente metabolico
pH tin	0,7598	0,2296	0,1353
	(30)	(30)	(30)
	0,0000	0,2222	0,4761
CIC tin	0,4717	0,0746	0,2343
	(30)	(30)	(30)
	0,0085	0,6950	0,2126
conductividad tin	-0,8046	-0,5176	0,2923
	(30)	(30)	(30)
	0,0000	0,0034	0,1171
% materia organica tin	-0,8096	-0,3607	-0,0262
	(30)	(30)	(30)
	0,0000	0,0502	0,8906
tasa degradacion tin	0,5833	0,2559	0,5124
	(30)	(30)	(30)
	0,0007	0,1723	0,7876
actividad microbológica		0,4558	-0,0746
		(30)	(30)
		0,0114	0,6951
biomasa microbiana	0,4558		-0,8475
	(30)		(30)
	0,0114		0,0000
coeficiente metabolico	-0,0746	-0,8475	
	(30)	(30)	
	0,6951	0,0000	

Tabla 43 Correlación lineal de pearson para el suelo de Tocuyito (p<0,05
N=30)

	pH toc	CIC toc	conductividad toc	% materia organica toc	tasa degradacion toc
pH toc		0,2498 (30)	-0,9212 (30)	-0,9443 (30)	0,8699 (30)
		0,1831	0,0000	0,0000	0,0000
CIC toc	0,2498 (30)		-0,3491 (30)	-0,4224 (30)	0,1978 (30)
	0,1831		0,0587	0,0200	0,2948
conductividad toc	-0,9212 (30)	-0,3491 (30)		0,9221 (30)	-0,8332 (30)
	0,0000	0,0587		0,0000	0,0000
% materia organica toc	-0,9443 (30)	-0,4224 (30)	0,9221 (30)		-0,8444 (30)
	0,0000	0,0200	0,0000		0,0000
tasa degradacion toc	0,8699 (30)	0,1978 (30)	-0,8332 (30)	-0,8444 (30)	
	0,0000	0,2948	0,0000	0,0000	
actividad microbiologica toc	0,8947 (30)	0,4028 (30)	-0,9230 (30)	-0,9215 (30)	0,8451 (30)
	0,0000	0,0273	0,0000	0,0000	0,0000
biomasa microbiana toc	0,6580 (30)	0,1844 (30)	-0,6028 (30)	-0,6996 (30)	0,5697 (30)
	0,0001	0,3294	0,0004	0,0000	0,0010
coeficiente metabolico toc	0,4568 (30)	0,2899 (30)	-0,5353 (30)	-0,4623 (30)	0,4898 (30)
	0,0112	0,1202	0,0023	0,0101	0,0060

	actividad microbiologica toc	biomasa microbiana toc	coeficiente metabolico toc
pH toc	0,8947 (30)	0,6580 (30)	0,4568 (30)
	0,0000	0,0001	0,0112
CIC toc	0,4028 (30)	0,1844 (30)	0,2899 (30)
	0,0273	0,3294	0,1202
conductividad toc	-0,9230 (30)	-0,6028 (30)	-0,5353 (30)
	0,0000	0,0004	0,0023
% materia organica toc	-0,9215 (30)	-0,6996 (30)	-0,4623 (30)
	0,0000	0,0000	0,0101
tasa degradacion toc	0,8451 (30)	0,5697 (30)	0,4898 (30)
	0,0000	0,0010	0,0060
actividad microbiologica toc		0,5871 (30)	0,6592 (30)
		0,0006	0,0001
biomasa microbiana toc	0,5871 (30)		-0,1724 (30)
	0,0006		0,3624
coeficiente metabolico toc	0,6592 (30)	-0,1724 (30)	
	0,0001	0,3624	

Tabla 44 Gramos de calcio y magnesio obtenido en el lixiviado para el suelo de Tinaquillo.

Metal	Control	5%	10%	15%	30%	50%
	0,09437177	0,11496511	0,11040876	0,08525165	0	0
	0,13010441	0,11088128	0,0978386	0,08223577	0	0
Calcio	0,08967653	0,1108879	0,10707937	0,08630972	0	0
		0,09438679	0,09405937	0,0774372	0	0
		0,1016641	0,10194543	0,07837077	0	0
		0,11040876	0,10152802	0,0811282	0	0
	0,02986695	0,01245298	0,01488286	0,00492503	0,03209606	0
	0,0049325	0,01992874	0,01236415	0,00997668	0,02637357	0
magnesio	0,03956138	0,01743869	0,00499641	0,00498615	0,0224301	0
		0,01991447	0,00744202	0,01977795	0,0294933	0
		0,01480043	0,00742069	0,01751435	0,02706583	0
		0,01488286	0,00492687	0,01968462	0,02190573	0

Tabla 45 Gramos de calcio y magnesio obtenido en el lixiviado para el suelo de Tocuyito.

Metal	Control	5%	10%	15%	30%	50%
	0,06996595	0,03612063	0	0	0	0
	0,05747032	0,04302749	0	0	0	0
Calcio	0,06387894	0,04699879	0	0	0	0
		0,03976351	0	0	0	0
		0,05903426	0	0	0	0
		0,04686001	0	0	0	0
	0,03495113	0,04868982	0,04744503	0,0224982	0,01284976	0
	0,03735099	0,01186366	0,04305334	0,02326024	0,01528309	0
Magnesio	0,03148302	0,019006	0,03833342	0,02375617	0,01377212	0
		0,02170814	0,03874845	0,02506098	0,01081467	0
		0,00238731	0,03624493	0,02413504	0	0
		0,01421241	0,020018	0,01463913	0	0

Tabla 46 correlación lineal de pearson para el suelo de Tinaquillo con respecto al Ca⁺² y Mg⁺² (p<0,05 N=30)

	pH Tinaquillo	Ca lix	Mg lix	CIC	% MO tin
pH Tinaquillo		0,9587 (30)	0,4920 (30)	0,8728 (30)	-0,9576 (30)
		0,0000	0,0058	0,0000	0,0000
Ca lix	0,9587 (30)		0,5327 (30)	0,9310 (30)	-0,9551 (30)
	0,0000		0,0024	0,0000	0,0000
Mg lix	0,4920 (30)	0,5327 (30)		0,4373 (30)	-0,5245 (30)
	0,0058	0,0024		0,0157	0,0029
CIC	0,8728 (30)	0,9310 (30)	0,4373 (30)		-0,8754 (30)
	0,0000	0,0000	0,0157		0,0000
% MO tin	-0,9576 (30)	-0,9551 (30)	-0,5245 (30)	-0,8754 (30)	
	0,0000	0,0000	0,0029	0,0000	

Tabla 47 correlación lineal de pearson para el suelo de Tocuyito con respecto al Ca⁺² y Mg⁺² (p<0,05 N=30)

	pH toc	B.Ca lix	B.Mg lix	CIC toc	%MO toc
pH toc		0,8430 (30)	0,5806 (30)	-0,3911 (30)	-0,9121 (30)
		0,0000	0,0008	0,0326	0,0000
B.Ca lix	0,8430 (30)		0,1582 (30)	-0,5553 (30)	-0,6862 (30)
	0,0000		0,4037	0,0014	0,0000
B.Mg lix	0,5806 (30)	0,1582 (30)		-0,0278 (30)	-0,6792 (30)
	0,0008	0,4037		0,8839	0,0000
CIC toc	-0,3911 (30)	-0,5553 (30)	-0,0278 (30)		0,1415 (30)
	0,0326	0,0014	0,8839		0,4559
%MO toc	-0,9121 (30)	-0,6862 (30)	-0,6792 (30)	0,1415 (30)	
	0,0000	0,0000	0,0000	0,4559	

Tabla 48 correlación lineal de pearson para la relación entre el porcentaje de aceite agregado y los porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados relacionados a microorganismos del suelo de Tinaquillo (p<0,05 N=6)

	% aceite agregado	% fame 18:2w 6	% ls 16 0	% fame 16 1 w 7
% aceite agregado		0,8758	-0,6188	-0,3445
		(6)	(6)	(6)
		0,0222	0,1903	0,5037
% fame 18:2w 6	0,8758		-0,2093	0,0126
	(6)		(6)	(6)
	0,0222		0,6906	0,9812
% ls 16 0	-0,6188	-0,2093		0,8915
	(6)	(6)		(6)
	0,1903	0,6906		0,0170
% fame 16 1 w 7	-0,3445	0,0126	0,8915	
	(6)	(6)	(6)	
	0,5037	0,9812	0,0170	

Tabla 49 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo control Tinaquillo

Normalización por Área "Ácidos Grasos"

Número #	Tiempo [min]	Ácidos Grasos	Area [uV*sec]	BL	porcentaje en Bruto	Normalizacion de Area
1	1,737	SI_8	442641,149	BV	-----	0,000
2	1,777		6887527,756	VE	-----	0,000
3	1,968	SI_9	529476,789	EB	0,000	4,874e-11
4	17,196	C12:0	15556,235	MM	20592,638	1,896
5	20,325	2-OH C12:0	25947,870	MM	48901,317	4,501
6	23,819	C14:0	10897,683	MM	15907,075	1,464
7	25,639	a-C15:0	12119,499	MM	16558,253	1,524
8	26,132	2-OH C14:0	27920,746	BB	48570,744	4,471
9	28,368	i-C16:0	13974,284	MM	20609,063	1,897
10	28,659	C16:1n-7c	13495,978	MM	20026,975	1,843
11	29,332	C16:0	269549,249	BB	382487,473	35,208
12	30,224	i-C17:0	68700,078	MM	128170,114	11,798
13	30,605	10-Met C16:1n-9	12214,179	MM	23778,816	2,189
14	31,189	C17:0	16064,118	MM	33189,779	3,055
15	31,453	SI_1	11138,035	MM	1,114e-08	1,025e-12
16	31,765	2-OH C16:0	22547,006	MM	64771,634	5,962
17	34,356	C18:2n-6c	83854,228	BB	46852,743	4,313
18	34,497	SI_2	79359,211	BB	7,936e-08	7,305e-12
19	34,839	C18:1n-9c	217451,870	MM	112930,214	10,395
20	35,013	C18:1n-9t	42794,946	MM	23575,482	2,170
21	35,828	SI_3	96428,225	BV	9,643e-08	8,876e-12
22	35,960	C18:0	109324,577	VB	62044,639	5,711
23	39,475	SI_4	8587,989	MM	8,588e-09	7,905e-13
24	41,664	C20:0	30749,781	MM	17411,131	1,603
			9048321,484		1,086e+06	100,000

Tabla 50 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 5%

	FAMES	TIEMPO	patron	AREA	%	Factor de correccion	Area	Muestra 5% 1 Area corregida	porcentaje
3	C12:0	17,505		40404,73	3,09615496	0,7554272684	3029,877	2288,851706	0,05322733
7	C14:0	23,515		36642,37	2,80785086	0,6850842829	24197,273	16577,17142	0,38550274
14	C16:1n-7c	28,335		36043,62	2,76196953	0,6738897501	49825,708	33577,03391	0,78083517
15	C16:0	29,005		37692,98	2,88835755	0,7047270189	1367942,651	964026,1464	22,4184638
20	C18:2n-6c	34,093		95725,89	7,33533399	1,7897396568	31336,566	56084,29488	2,499442
21	C18:1n-9c	34,395		102989,42	7,8919276	1,9255422875	1161513,388	2236543,146	52,0108937
22	C18:1n-9t	34,617		97089,32	7,43981163	1,8152310337	65487,787	118875,4633	2,7644533
23	C18:0	35,415		94243,86	7,22176822	1,7620308743	483739,184	852363,3773	19,8217419
26	C20:0	41,280		94461,43	7,23844028	1,7660986731	42971,814	75892,46368	1,76488205
				1304997,02				4300143,654	100,00

Figura 8 cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 5% duplicado

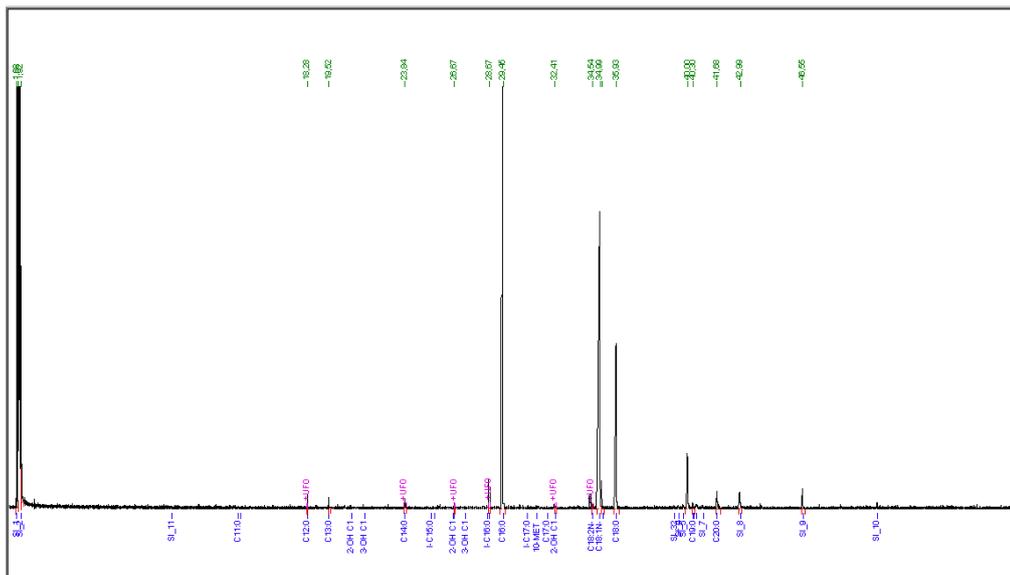


Tabla 51 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 5% duplicado

			patron				Muestra 5% 2	
	FAMES	TIEMPO	AREA	%	Factor de correccion	Area	area corregida	porcentaje
3	C12:0	17,505	40404,73	3,09615496	0,7554272684	17047,484	12878,13427	0,128357
7	C14:0	23,515	36642,37	2,80785086	0,6850842829	35974,922	24645,85364	0,24564643
14	C16:1n-7c	28,335	36043,62	2,76196953	0,6738897501	113828,334	76707,74755	0,76454988
15	C16:0	29,005	37692,98	2,88835755	0,7047270189	3207803,578	2260625,853	21,5317687
20	C18:2n-6c	34,067	95725,89	7,33533399	1,7897396568	31336,566	56084,29488	2,55899492
21	C18:1n-9c	34,395	102989,42	7,8919276	1,9255422875	2689394,814	5178543,442	51,6147963
22	C18:1n-9t	34,617	97089,32	7,43981163	1,8152310337	131105,285	237986,382	2,37202193
23	C18:0	35,415	94243,86	7,22176822	1,7620308743	1101860,875	1941512,881	18,351154
25	C19:0	38,505	96103,07	7,36423674	1,7967916048	29674,109	53318,18993	0,53142501
26	C20:0	41,280	94461,43	7,23844028	1,7660986731	96383,116	170222,0933	1,69661195
			1304997,02				10033059,93	100,00

Figura 9 cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 10%

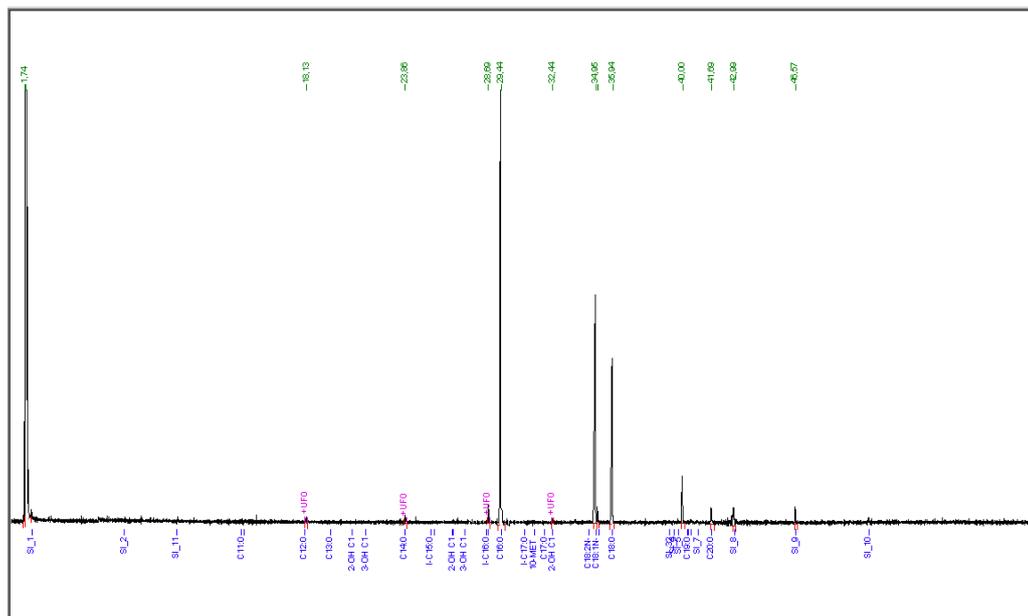


Tabla 52 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 10%

			Patron				Muestra 10%	
	FAMES	TIEMPO	AREA	%	Factor de correccion	Area	area corregida	porcentaje
3	C12:0	17,505	40404,73	3,09615496	0,7554272684	17118,836	12932,03552	0,21518027
7	C14:0	23,515	36642,37	2,80785086	0,6850842829	35735,086	24481,54577	0,40735625
14	C16:1n-7c	28,335	36043,62	2,76196953	0,6738897501	60953,918	41076,22057	0,68348034
15	C16:0	29,005	37692,98	2,88835755	0,7047270189	2492295,735	1756388,143	29,2251028
21	C18:1n-9c	34,395	102989,42	7,8919276	1,9255422875	1254496,276	2415585,629	40,1937001
22	C18:1n-9t	34,617	97089,32	7,43981163	1,8152310337	58578,193	106332,9538	1,76930795
23	C18:0	35,415	94243,86	7,22176822	1,7620308743	843720,403	1486661,399	24,7370334
26	C20:0	41,280	94461,43	7,23844028	1,7660986731	91034,86	160776,5454	2,67521225
			1304997,2				6009861,301	100,00

Figura 10 cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 10% duplicado

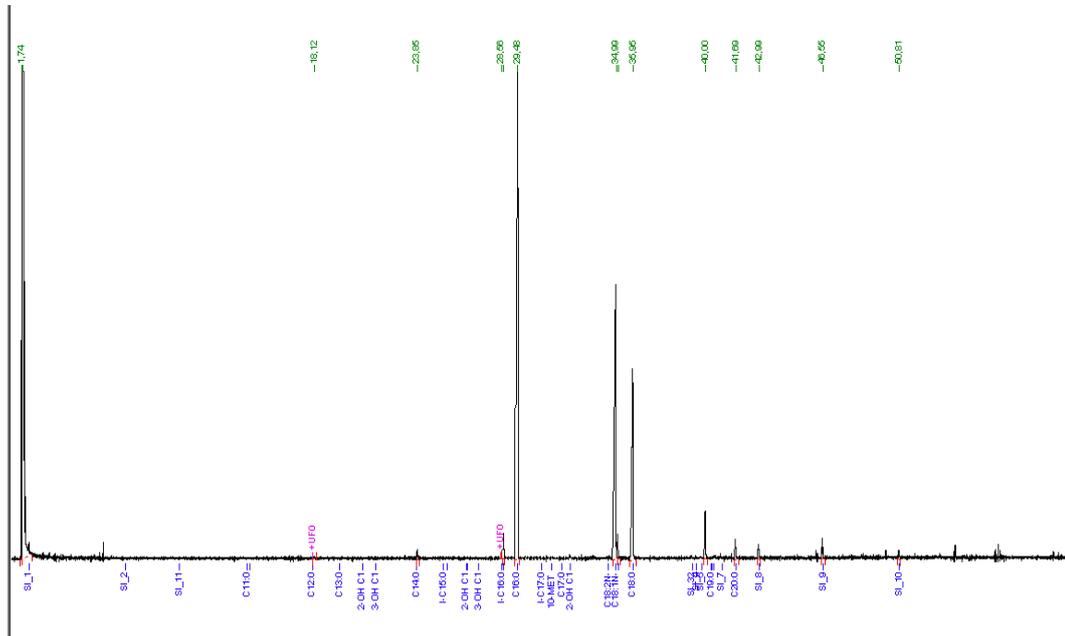


Tabla 53 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 10% duplicado.

			Patron				Muestra 10% 2	
	FAMES	TIEMPO	AREA	%	Factor de correccion	Area	area corregida	Porcentaje
3	C12:0	17,505	40404,73	3,09615496	0,7554272684	20611,3	15570,33806	0,14401409
7	C14:0	23,515	36642,37	2,80785086	0,6850842829	54465,2	37313,25249	0,34511994
13	i-C16:0	28,056	36266,93	2,77908144	0,6780648668	3310,90 7	2245,009714	0,02076468
14	C16:1n-7c	28,335	36043,62	2,76196953	0,6738897501	111644	75235,74726	0,69587491
15	C16:0	29,005	37692,98	2,88835755	0,7047270189	3899240	2747899,781	25,4160367
21	C18:1n-9c	34,395	102989,4	7,8919276	1,9255422875	2551290	4912616,783	45,4380648
22	C18:1n-9t	34,617	97089,32	7,43981163	1,8152310337	121942	221352,9027	2,04735032
23	C18:0	35,415	94243,86	7,22176822	1,7620308743	1456160	2565798,878	23,7317383
26	C20:0	41,280	94461,43	7,23844028	1,7660986731	132294	233644,2579	2,16103625
			1304997				10811676,95	100,00

Figura 11 cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 15%

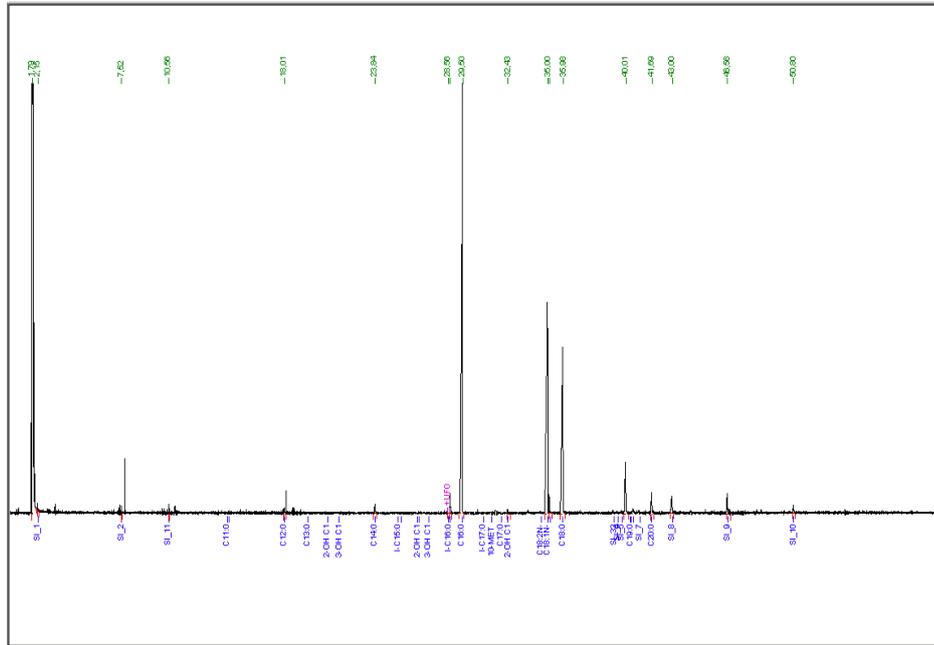


Tabla 54 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 15%.

			patron				15% 1	
	FAMES	TIEMPO	AREA	%	Factor de correccion	Area	area corregida	porcentaje
3	C12:0	17,505	40404,73	3,09615496	0,7554272684	36557,3	27616,38128	0,20811684
7	C14:0	23,515	36642,37	2,80785086	0,6850842829	66547,8	45590,85184	0,34357232
13	i-C16:0	28,056	36266,93	2,77908144	0,6780648668	8550,235	5797,613956	0,04369078
14	C16:1n-7c	28,335	36043,62	2,76196953	0,6738897501	125701	84708,61547	0,6383635
15	C16:0	29,005	37692,98	2,88835755	0,7047270189	5501990	3877401,011	29,2200652
19	2-OH C16:0	32,427	18618,44	1,42670364	0,3480997713	50506,9	17581,44034	0,1324936
21	C18:1n-9c	34,395	102989,42	7,8919276	1,9255422875	2661380	5124599,733	38,6189456
22	C18:1n-9t	34,617	97089,32	7,43981163	1,8152310337	135623	246187,0785	1,855264
23	C18:0	35,415	94243,86	7,22176822	1,7620308743	1985930	3499269,974	26,3704726
26	C20:0	41,280	94461,43	7,23844028	1,7660986731	193024	340899,4303	2,56901558
			1304997,02				13269652,13	100,00

Figura 12 cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 15% duplicado

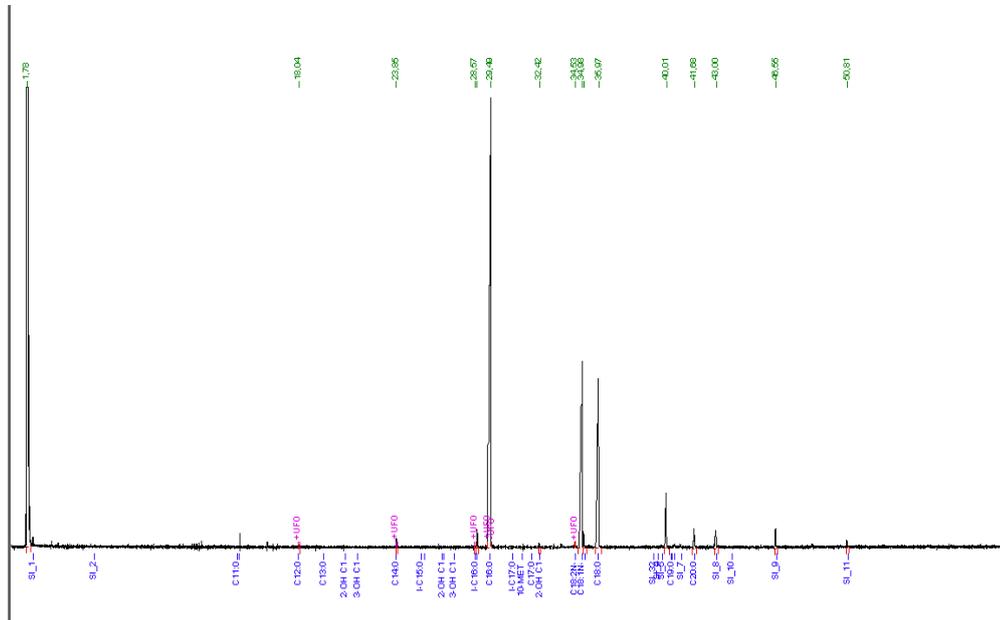


Tabla 55 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 15% duplicado.

			patron				15% 2	
	FAMES	TIEMPO	AREA	%	Factor de correccion	Area	Area corregida	Porcentaje
7	C14:0	23,515	36642,37	2,80785086	0,6850842829	44923,2	30776,17826	0,31033802
14	C16:1n-7c	28,335	36043,62	2,76196953	0,6738897501	89054,4	60012,84736	0,60515207
15	C16:0	29,005	37692,98	2,88835755	0,7047270189	4335820	3055569,503	30,8114727
19	2-OH C16:0	32,427	18618,44	1,42670364	0,3480997713	31171,3	10850,7224	0,10941552
20	C18:2n-6c	34,067	95725,89	7,33533399	1,7897396568	6499,19	11631,85808	0,11729227
21	C18:1n-9c	34,395	102989,42	7,8919276	1,9255422875	1846090	3554724,361	35,8448049
22	C18:1n-9t	34,617	97089,32	7,43981163	1,8152310337	95279,1	172953,5792	1,74401351
23	C18:0	35,415	94243,86	7,22176822	1,7620308743	1564170	2756115,833	27,7918692
26	C20:0	41,280	94461,43	7,23844028	1,7660986731	145779	257460,0985	2,59615263
			1304997,02				9916986,213	

Figura 13 cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 30%

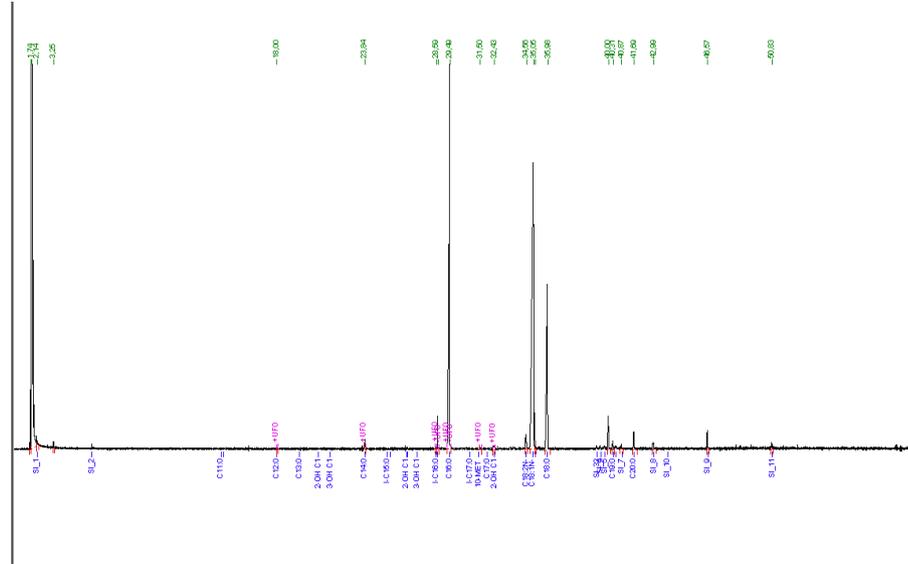


Tabla 56 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 30%

			patron			30% 1		
FAMES	TIEMPO	AREA	%	Factor de correccion	Area de frank	area corregida	Porcentaje	
3	C12:0	17,505	40404,73	3,09615496	0,7554272684	16034,675	12113,03074	0,07323087
7	C14:0	23,515	36642,37	2,80785086	0,6850842829	52914,769	36251,07658	0,2191605
13	i-C16:0	28,056	36266,93	2,77908144	0,6780648668	14812,374	10043,7504	0,06072077
14	C16:1n-7c	28,335	36043,62	2,76196953	0,6738897501	212289,475	143059,7013	0,86488565
15	C16:0	29,005	37692,98	2,88835755	0,7047270189	4900759,277	3453697,475	20,8797682
20	C18:2n-6c	34,067	95725,89	7,33533399	1,7897396568	144370,317	258385,2816	1,56210114
21	C18:1n-9c	34,395	102989,42	7,8919276	1,9255422875	4533470,408	8729388,98	52,7746334
22	C18:1n-9t	34,617	97089,32	7,43981163	1,8152310337	224629,819	407755,0185	2,46513492
23	C18:0	35,415	94243,86	7,22176822	1,7620308743	1809874,992	3189055,615	19,2798421
26	C20:0	41,280	94461,43	7,23844028	1,7660986731	155547,126	274711,5728	1,66080382
			1304997,02				16540880,38	100,00

Figura 14 cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 30% duplicado

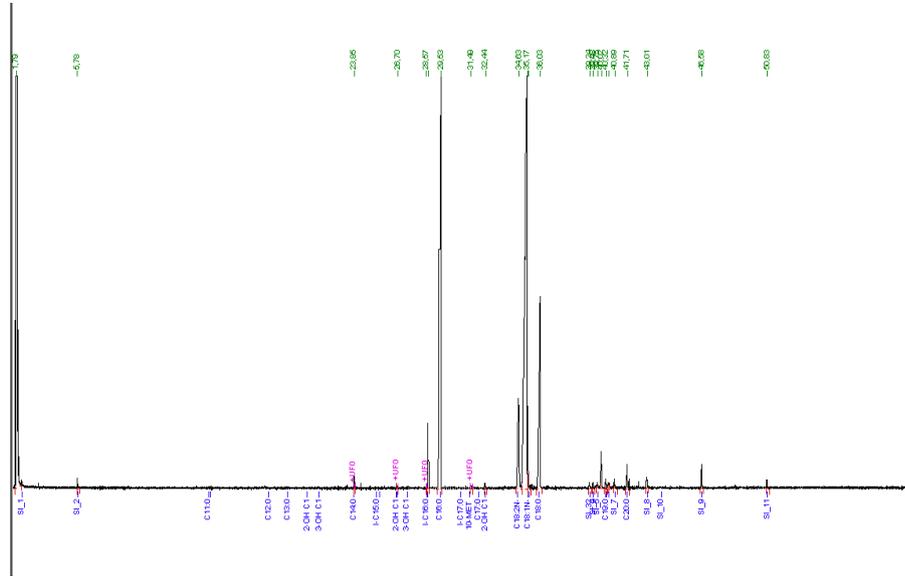


Tabla 57 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 30% duplicado

			patron				30% 2	
	FAMES	TIEMPO	AREA	%	Factor de correccion	Area	Area corregida	Porcentaje
7	C14:0	23,515	36642,37	2,8078508	0,6850842829	86986,305	59592,95038	0,18050441
10	C15:0	26,327	34076,82	2,6112565	0,6371174625	23287,57	14836,91751	0,04494037
13	i-C16:0	28,056	36266,93	2,7790814	0,6780648668	21014,105	14248,92631	0,04315937
14	C16:1n-7c	28,335	36043,62	2,7619695	0,6738897501	463487,386	312339,3987	0,94606223
	10-Met							
17	C16:1n-7c	31,381	27473,46	2,1052507	0,5136577040	28785,395	14785,8399	0,04478566
20	C18:2n-6c	34,067	95725,89	7,3353339	1,7897396568	1423023,681	2546841,914	7,71427156
21	C18:1n-9c	34,395	102989,42	7,8919276	1,9255422875	9668388,564	18616891,03	56,3897399
22	C18:1n-9t	34,617	97089,32	7,4398116	1,8152310337	556183,924	1009602,319	3,05804079
23	C18:0	35,415	94243,86	7,2217682	1,7620308743	2695342,497	4749276,696	14,3853491
26	C20:0	41,280	94461,43	7,2384402	1,7660986731	229828,602	405899,989	1,22945312
			1304997,2				33014677,99	100,00

Figura 15 cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 50%

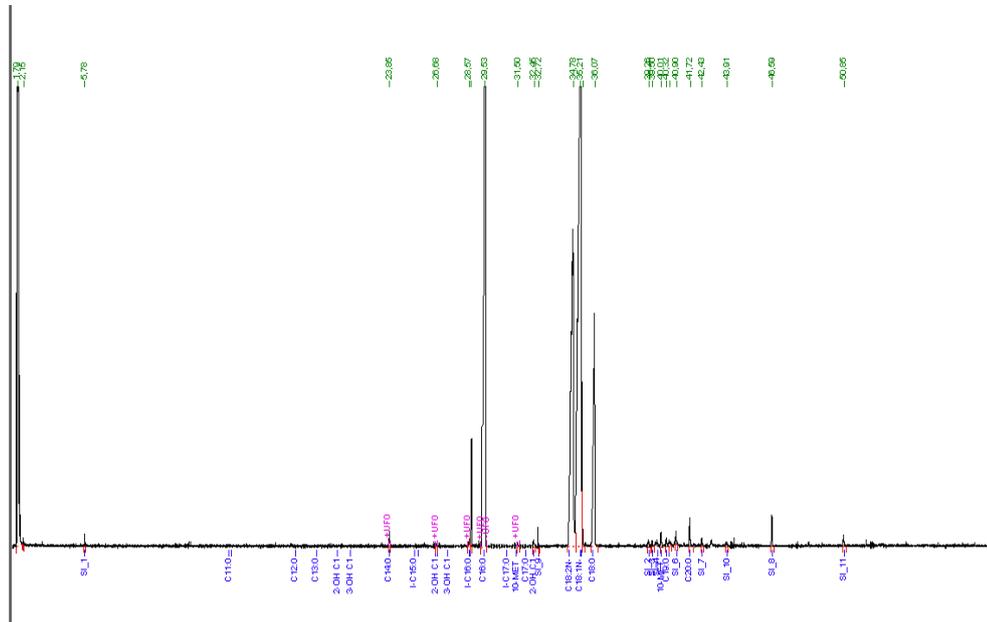


Tabla 58 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 50%.

	FAMES	TIEMPO	Patron	AREA	%	Factor de correccion	Area	50% 1 area corregida	Porcentaje
7	C14:0	23,515	36642,37	2,80785086	0,6850842829	90992,148	62337,29046	0,1158888	
10	C15:0	26,327	34076,82	2,61125654	0,6371174625	26481,802	16872,01849	0,03136611	
13	i-C16:0	28,056	36266,93	2,77908144	0,6780648668	28298,79	19188,41527	0,03567243	
14	C16:1n-7c	28,335	36043,62	2,76196953	0,6738897501	686664,287	462736,0247	0,86025432	
15	C16:0	29,005	37692,98	2,88835755	0,7047270189	8270225,824	5828251,59	10,835073	
19	2-OH C16:0	32,427	18618,44	1,42670364	0,3480997713	76049,694	26472,88109	0,04921469	
20	C18:2n-6c	34,067	95725,89	7,33533399	1,7897396568	7306947	13077532,82	24,3119262	
21	C18:1n-9c	34,395	102989,42	7,8919276	1,9255422875	13991639,78	26941494,06	50,0858704	
22	C18:1n-9t	34,617	97089,32	7,43981163	1,8152310337	860172,501	1561411,818	2,90275921	
23	C18:0	35,415	94243,86	7,22176822	1,7620308743	3046696,327	5368372,993	9,98013078	
26	C20:0	41,280	94461,43	7,23844028	1,7660986731	230432,715	406966,9122	0,75657616	
			1304997,02				53790607,68	100,00	

Figura 16 cromatograma suelo-aceite Tinaquillo al 50% duplicado

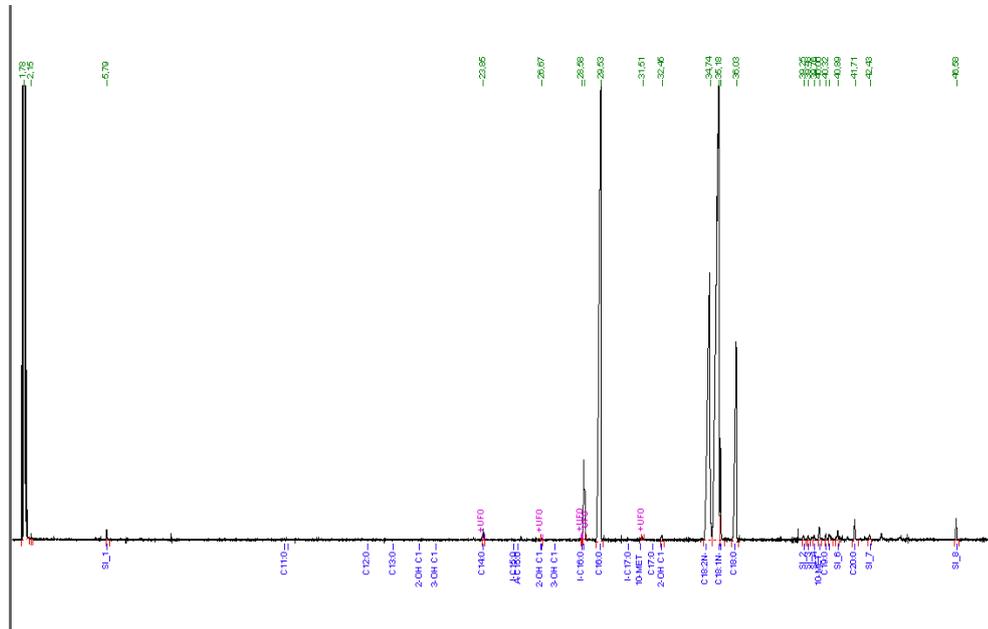


Tabla 59 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en suelo-aceite Tinaquillo al 50% duplicado.

			patron				50% 2	
	FAMES	TIEMPO	AREA	%	Factor de correccion	Area de frank	area corregida	porcentaje
7	C14:0	23,515	36642,37	2,80785086	0,6850842829	60402,282	41380,65405	0,10786085
10	C15:0	26,327	34076,82	2,61125654	0,6371174625	16264,826	10362,60467	0,02701067
13	i-C16:0	28,056	36266,93	2,77908144	0,6780648668	17914,251	12147,02422	0,03166186
14	C16:1n-7c	28,335	36043,62	2,76196953	0,6738897501	476451,78	321075,9709	0,83690136
15	C16:0	29,005	37692,98	2,88835755	0,7047270189	6145271,583	4330738,923	11,2882982
19	2-OH C16:0	32,427	18618,44	1,42670364	0,3480997713	57792,915	20117,70049	0,05243784
20	C18:2n-6c	34,067	95725,89	7,33533399	1,7897396568	4696644,736	8405771,338	21,9100839
21	C18:1n-9c	34,395	102989,42	7,8919276	1,9255422875	10334621,51	19899750,74	51,8697441
22	C18:1n-9t	34,617	97089,32	7,43981163	1,8152310337	609540,671	1106457,142	2,88403858
23	C18:0	35,415	94243,86	7,22176822	1,7620308743	2221394,616	3914165,897	10,2024787
26	C20:0	41,280	94461,43	7,23844028	1,7660986731	164774,79	291008,538	0,75852902
			1304997,02				38364852,38	100,00

Figura 17 cromatograma aceite comestible usado

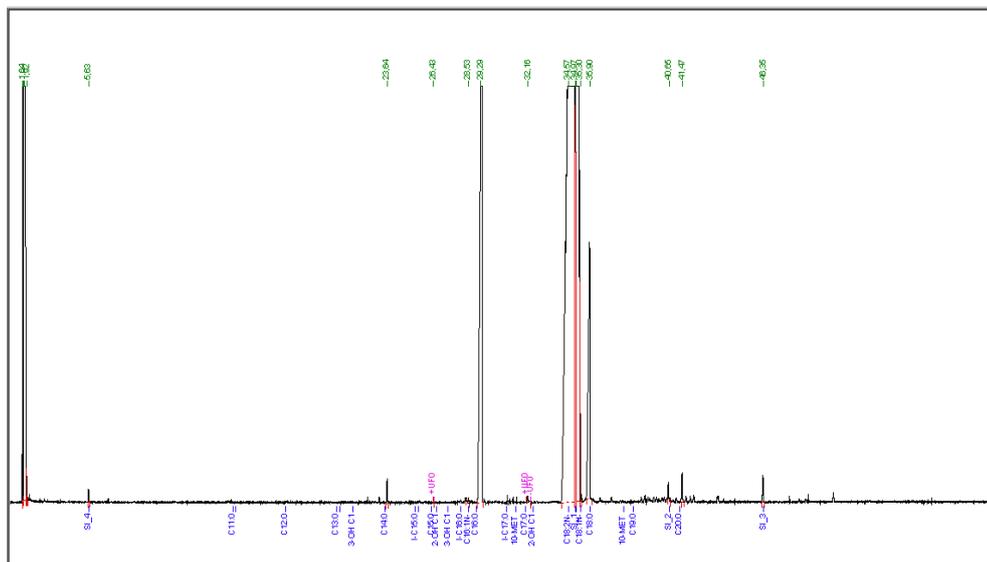


Tabla 60 Porcentajes de los ácidos grasos metil esterificados presentes en el aceite comestible usado.

			patron					
	FAMES	TIEMPO	AREA	%	Factor de correccion	Area	area corregida	porcentaje
7	C14:0	23,515	36642,37	2,80785086	0,6850842829	177943,913	121906,578	0,11207931
10	C15:0	26,327	34076,82	2,61125654	0,6371174625	17626,82	11230,35483	0,01032504
15	C16:0	29,005	37692,98	2,88835755	0,7047270189	11226458,13	7911588,372	7,77381068
18	C17:0	31,973	25887,61	1,98372943	0,4840078503	70135,1	33945,93898	0,03120945
20	C18:2n-6c	34,067	95725,89	7,33533399	1,7897396568	33686633,03	60290303,03	55,4301146
21	C18:1n-9c	34,395	102989,42	7,8919276	1,9255422875	14976716,34	28838300,63	26,5135557
22	C18:1n-9t	34,617	97089,32	7,43981163	1,8152310337	1827030,676	3316482,783	3,04913081
23	C18:0	35,415	94243,86	7,22176822	1,7620308743	3932750,059	6929627,025	6,67100828
26	C20:0	41,280	94461,43	7,23844028	1,7660986731	232257,992	410190,5315	0,3771238
			1304997,02				108768137,1	100,00