

**EFFECTOS DE AGROQUÍMICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-
QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS EN SUELOS DEL TÁCHIRA -VENEZUELA**

TIBISAY RAMÍREZ GAVIDIA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2009**

**EFFECTOS DE AGROQUÍMICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICO- QUÍMICAS Y
BIOLÓGICAS EN SUELOS DEL TÁCHIRA -VENEZUELA**

TIBISAY RAMÍREZ GAVIDIA

**Monografía de Grado para optar el título de
Especialista en Química Ambiental**

Director:

Jairo Puentes Bruges
Ingeniero, Especialista en Tecnología de Petróleo y Gas

Codirector:

Nélida González de Colmenares
Lic en Química, M.Sc. Química

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2009**

Dedico este trabajo muy especialmente a mi hijo, a mi esposo, a mis padres y a dos personas que hicieron posible el logro de esta meta, al Profesor Raúl Casanova por su apoyo y a Doña Miriam Navas por su hospitalidad, quién me acogió todos los fines de semana durante año y medio, me trato como a una hija, sin recibir nada a cambio, más que mi cariño y afecto. A ellos porque sin su apoyo esto no hubiera sido posible.

Tibisay

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. JUSTIFICACIÓN	16
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GENERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
3. MARCO TEÓRICO	18
3.1 Suelos	18
3.1.1 Propiedades físicas	19
3.1.2 Propiedades químicas	22
3.1.3 Propiedades biológicas	25
3.2 Agroquímicos	29
3.2.1 Agroquímicos Fitosanitarios	30
3.2.2 Mecanismo de evolución de los plaguicidas en suelos	30
3.2.3 Procesos involucrados en la evolución de los plaguicidas en suelos	31
3.2.4 Factores que regulan la evolución de plaguicidas en el suelo	31
3.2.5 Impacto ambiental de los plaguicidas en suelos	33
3.3 Consecuencias de la degradación del suelo	35
3.3.1 Degradación Biológica	36
3.3.2 Evaluación de la degradación	36
4. MARCO GEOGRÁFICO	39
4.1 Ubicación y límites del Estado Táchira	39
4.2. Ubicación político territorial y geográfica del Municipio Andrés Bello	41
4.2.1 Características geográficas del Municipio Andrés Bello	44
4.3 Ubicación y Características de la finca "La Primavera"	44
5. METODOLOGÍA	45
5.1 Muestreo de Suelo	48
5.2 Materiales y Métodos	55
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	48
7. CONCLUSIONES	55
8. RECOMENDACIONES	56
BIBIOGRAFIA	57
ANEXOS	61

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clases texturales del suelo y densidad aparente.....	21
Tabla 2. Clasificación de la acidez	23
Tabla 3. Principales contribuciones físicas, químicas y biológicas de la materia orgánica en el suelo.....	26
Tabla 4. Clasificación de los suelos según su contenido de MO.....	26
Tabla 5. Superficie, Población y Densidad Poblacional en el, Municipio Andrés Bello.....	42
Tabla 6. Métodos utilizados para Análisis según las propiedades del suelo investigado.....	47
Tabla 7. Resultados de parámetros físicos para las diferentes zonas analizadas	48
Tabla 8. Resultados de parámetros químicos para las diferentes zonas analizadas	51
Tabla 9. Resultados de parámetros biológicos para las diferentes zonas analizadas.....	53
Tabla 10. Correcciones para el hidrómetro a diferentes temperaturas.....	66
Tabla 11. Datos curva de calibración de fósforo.....	77
Tabla 12. Datos curva de calibración de azufre.....	79
Tabla 13. Datos curva de calibración de MO.....	81

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama para la textura de los suelo.....	20
Figura 2. Organismos vivos en el suelo	28
Figura 3. Ciclo de agroquímicos en el ambiente	29
Figura 4. Tipos de Degradación del suelo.....	37
Figura 5. Ubicación geográfica del Municipio Andrés Bello Estado Táchira, Venezuela.....	40
Figura 6. Vista general de la finca "La Primavera	42
Figura 7. Toma de muestras de suelos investigados	45
Figura 8. Esquema experimental de trabajo	46
Figura 9. Gráfico para curva de calibración de fósforo.....	49
Figura 10. Gráfico para curva de calibración de fósforo.....	50
Figura 11. Gráfico para curva de calibración de fósforo.....	50
Figura 12. Termómetro o sensor para temperatura en suelos	64
Figura 13. Herramienta para la toma de muestra de la densidad aparente	69
Figura 14. Extracción muestra para determinación de la densidad aparente	69

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Porcentaje de arena.....	66
Ecuación 2. Porcentaje de arcilla.....	66
Ecuación 3. Porcentaje de limo	66
Ecuación 4. Porcentaje de humedad	67
Ecuación 5. Densidad aparente.....	69
Ecuación 6. Porcentaje de porosidad total	70
Ecuación 7. Reacción de titulación HCl vs NaOH.....	73
Ecuación 8. Reacción de titulación $AlCl_3$ vs NaOH	73
Ecuación 9. Reacción de formación del complejo flúor-aluminio	73
Ecuación 10. Reacción del NaOH formado vs HCl.....	73
Ecuación 11. Acidez Intercambiable.....	74
Ecuación 12. Aluminio +3	74
Ecuación 13. Capacidad de intercambio catiónico	75
Ecuación 14. Concentración de fósforo en el suelo.....	75
Ecuación 15. Concentración de azufre en el suelo.....	77
Ecuación 16. Porcentaje de Carbono	79
Ecuación 17. Porcentaje Materia Orgánica	81
Ecuación 18. Evolución de CO_2	83
Ecuación 19. Relación respiración C- Biomasa	83

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Superficie y Producción agrícola en el Estado Táchira.....	62
Anexo 2. Toma y preparación de muestra	63
Anexo 3. Procedimiento para medir la temperatura en suelos.....	64
Anexo 4. Método para determinar la textura en suelos.....	65
Anexo 5. Determinación de la humedad en suelos	67
Anexo 6. Determinación de la densidad aparente en suelos	68
Anexo 7. Determinación de la porosidad en suelos	70
Anexo 8. Determinación del pH en suelos	71
Anexo 9. Determinación de la Conductividad en suelos	72
Anexo 10. Determinación de la Acidez intercambiable y Al^{+3} en suelos	73
Anexo 11. Determinación de la Capacidad de intercambio catiónico (CIC) en suelos	75
Anexo 12. Determinación de Fósforo en suelos	76
Anexo 13. Determinación de Azufre en suelos	78
Anexo 14. Determinación de la Materia orgánica en suelos	80
Anexo 15. Determinación de la Biomasa Microbiana (C) en suelos.....	82
Anexo 16. Procedimiento para determinar Diversidad y número de especies en suelos	84
Anexo 17. Temperaturas en los 5 puntos(X) de cada Zona.....	86
Anexo 18. Humedad y peso seco en zonas investigadas	87
Anexo 19. Densidad y porosidad en suelos investigados	89
Anexo 20. Valores de conductividad en las diferentes zonas analizadas	91
Anexo 21. Textura de las muestras problemas.....	92
Anexo 22. Valores de pH	94
Anexo 23. Valores de Acidez intercambiable	95
Anexo 24. Concentración de P en zonas sin y con agroquímicos.....	97

Anexo 25. Concentración de S en zonas sin y con agroquímicos.....	99
Anexo 26. Capacidad de intercambio catiónico (CIC) en las diferentes zonas ..	101
Anexo 27. Carbono y MO en zonas sin y con agroquímicos.....	102
Anexo 28. mg C-Biomasa /100g PS en zonas sin y con agroquímicos.....	104
Anexo 29. Diversidad y número de macrofauna encontrada en las diferentes zonas investigadas.....	106

RESUMEN

TITULO: EFECTOS DE AGROQUÍMICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS EN SUELOS DEL TÁCHIRA –VENEZUELA*

AUTOR: Tibusay Ramírez G**

Palabras Clave: suelo, propiedades, degradación, agroquímicos

CONTENIDO:

Las constantes aplicaciones de agroquímicos principalmente insecticidas y fungicidas son aportes continuos a los suelos, una proporción importante del agroquímico aplicado sobre los cultivos no llega a éstos, pudiendo ser movilizado hasta el suelo. Es por esta razón que el objetivo fundamental de este trabajo es evaluar los efectos que estos productos causan a las características del suelo del Estado Táchira – Venezuela. A efectos, se realizó un estudio comparativo de las propiedades físicas, químicas y biológicas en suelos de dos sistemas con diferente labranza (orgánica y con uso de agroquímicos). Se seleccionó para este estudio los suelos de una finca agropecuaria ubicada en el Municipio Andrés Bello, se tomaron muestras de ocho parcelas, cuatro de éstas usaban agroquímicos en sus cultivos y cuatro suelos abonados de manera orgánica o natural. Los análisis de las muestras de suelo se efectuaron siguiendo los métodos rutinarios de Laboratorio: textura por Bouyoucos, densidad aparente por el método del cilindro con volumen conocido, pH en agua (1:1) por el método potenciométrico, materia orgánica por Walkley y Black, capacidad de intercambio catiónico por el método del acetato de amonio, fósforo por Bray II y biomasa microbiana por respiración inducida por sustrato. Los resultados indican marcadas diferencias entre algunas propiedades químicas y biológicas en los suelos estudiados con y sin agroquímicos, modificaciones que pueden ser atribuidas a la influencia de los agroquímicos sobre estas características de los suelos. La presente investigación constituye la primera de una serie que permita monitorear los efectos de los agroquímicos para prevenir la degradación de los suelos.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Especialización en Química Ambiental. Jairo Puentes Bruges

SUMMARY

TITLE: AGROCHEMICALS EFFECTS ON PHYSICO-CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF SOILS FROM TÁCHIRA- VENEZUELA*

AUTOR: Tibisay Ramírez G**

Key Words: soil, properties, degradation, agrochemicals.

CONTENTS:

Steady application of agrochemicals, mainly insecticides and fungicides, produces accumulation of these substances in the soil because a large proportion of what is applied to the crops is transported to the soil. For this reason the object of this study was to evaluate the effects these substances have on the properties of soils from Táchira Estate (Venezuela). A comparative study of the physical, chemical, and biological properties on soils with different farming (organic or using agrochemicals) was performed. The site of this study was a farm located at Andres Bello Municipality where soil samples were taken from eight plots, four of them were farmed using agrochemicals and the other four were farmed organically. Soil samples were analyzed using standard laboratory methods: texture (Bouyoucos), apparent density (known volume cylinder method), 1:1 pH in water (potentiometric method), organic matter (Walkley and Black), cationic exchange capacity (ammonium acetate method), phosphorus (Bray II), and microbial biomass (induced substrate breathing). Results showed pronounced differences on chemical and biological properties between soils where agrochemical were applied from those where these substances were not applied. It was concluded that these differences are due to the use of agrochemicals. This study is the first of a series to monitor the effect of agrochemicals on Táchira's soils in order to prevent their degradation.

* Work Degree

** Faculty of Science. School of Chemistry. Specialization in Environmental Chemistry. Jairo Puentes Brugel

INTRODUCCIÓN

Las propiedades de los suelos pueden variar a lo largo del tiempo por factores que determinan su formación como la precipitación, los organismos que lo habitan y la actividad antropogénica entre otros. En consecuencia, no existe una sola medida biológica, física o química para determinar la calidad de un suelo (Dorán, 2002). Esta característica se basa en sus funciones y para estimarla se requiere un conjunto de parámetros (propiedades físicas, químicas y biológicas) que cuantifiquen e indiquen su estado, ya que, el suelo no solo es la base para la agricultura y para los diferentes ecosistemas, sino que además de él depende toda la vida del planeta (Cerón, 2005).

Es reconocido que el excesivo uso de agroquímicos ocasiona, entre otros problemas, la degradación y destrucción de los suelos, originando alteraciones ecológicas que producen daños en la salud humana, animal y vegetal, así como el deterioro del ambiente desde el punto de vista físico y estético. En suelo agrícola, numerosos estudios han documentado los cambios que suceden como resultado de la aplicación de plaguicidas (Cerón, 2005).

La mayor inversión y aplicación de plaguicidas ocurre en zonas cuya producción se destina al mercado de cultivos (hortalizas) que tienen alta rentabilidad, y por ende los suelos dedicados a estos cultivos, son los que están más contaminados o han sido la vía para alterar los elementos del ecosistema. El Estado Táchira - Venezuela, se caracteriza por presentar una economía netamente agrícola (Anexo 1), lo que ha ocasionado problemas considerables en la salud pública (Castro, 1996) y en el ambiente; en consecuencia, surge la necesidad de dar aportes que contribuyan a detener el deterioro de los suelos y optimizar su calidad.

Por todo lo anteriormente expuesto y conciente de la necesidad de proteger el suelo de los agroquímicos, el propósito de este trabajo es evaluar el efecto que causa el uso de estos productos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Para lograrlo se tomaron muestras de suelos característicos del Estado Táchira en una finca agropecuaria de la Universidad Nacional Experimental del Estado Táchira (UNET) Venezuela, las cuales se analizaron con la finalidad de presentar los resultados a las entidades competentes a fin de que tomen los correctivos que sean necesarios y propongan alternativas de solución al problema de la contaminación de suelos por plaguicidas.

1. JUSTIFICACIÓN

La mayor inversión y aplicación de plaguicidas ocurre en zonas cuya producción se destina al mercado de cultivos que tienen alta rentabilidad (hortalizas), y por ende los suelos dedicados a estos cultivos, los que estén contaminados o han sido la vía para alterar los elementos del ecosistema. Dado que el Municipio José María Vargas del Estado Táchira de Venezuela, se caracteriza por presentar una economía netamente agrícola, lo cual ha ocasionado un deterioro considerable en la salud pública y en el medio ambiente, surge la necesidad de dar aportes que incidan en la solución del problema.

La contaminación y degradación de los suelos como consecuencia de prácticas agrícolas inadecuadas ha conducido en ocasiones a su inutilización, porque les ocasiona escasa fertilidad. Por ello se requiere definir cómo y en que intensidad los suelos se ven afectados por el uso de agroquímicos con la finalidad de generar información básica que oriente las técnicas de cultivo para su mejoramiento y rehabilitación.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

- Evaluar el efecto de agroquímicos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de suelo característico de áreas agrícolas de Táchira-Venezuela.

2.2 Objetivos Específicos:

- Determinar las propiedades físicas, químicas y biológicas de un sistema de agricultura orgánica.
- Caracterizar las propiedades físicas, químicas y biológicas de un sistema agroquímico.
- Comparar los resultados obtenidos en los sistemas con diferente manejo agrícola.
- Analizar e interpretar las caracterizaciones hechas a los dos sistemas para conocer los efectos de los agroquímicos sobre los suelos estudiados.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 SUELOS.

El suelo es un sistema muy complejo que sirve como soporte de las plantas, además de servir de despensa de agua y de otros elementos necesarios para el desarrollo de los vegetales. El suelo es conocido como un ente vivo en el que habitan gran cantidad de seres vivos como pequeños animales, insectos, microorganismos (hongos y bacterias) que influyen en la vida y desarrollo de las plantas de formas diversas (López y López, 1990).

Plata, (1989) define suelo como un sistema abierto, dinámico, constituido por tres fases: La fase sólida está formada por los componentes inorgánicos y los orgánicos, que dejan un espacio de huecos (poros, cámaras, galerías, grietas y otros) en el que se hallan las fases líquida y gaseosa (principalmente oxígeno y dióxido de carbono). El volumen de huecos está ocupado mayoritariamente por agua que puede llevar iones y sustancias en solución o suspensión, por aire y por las raíces y organismos que viven en el suelo, todos estos elementos le dan sus propiedades físicas y químicas.

Los suelos difieren entre sí por sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Las propiedades físicas más relevantes son textura, temperatura, densidad aparente y estructura. Las propiedades químicas más importantes son la capacidad de intercambio catiónico, el grado de acidez o alcalinidad y la concentración de sales en el perfil. Las propiedades químicas de los suelos están, sobre todo, asociadas con su capacidad de uso con fines agrícolas. Por último, las propiedades biológicas están vinculadas a la presencia de materia orgánica y de formas de vida animal, tales como microorganismos, lombrices e insectos.

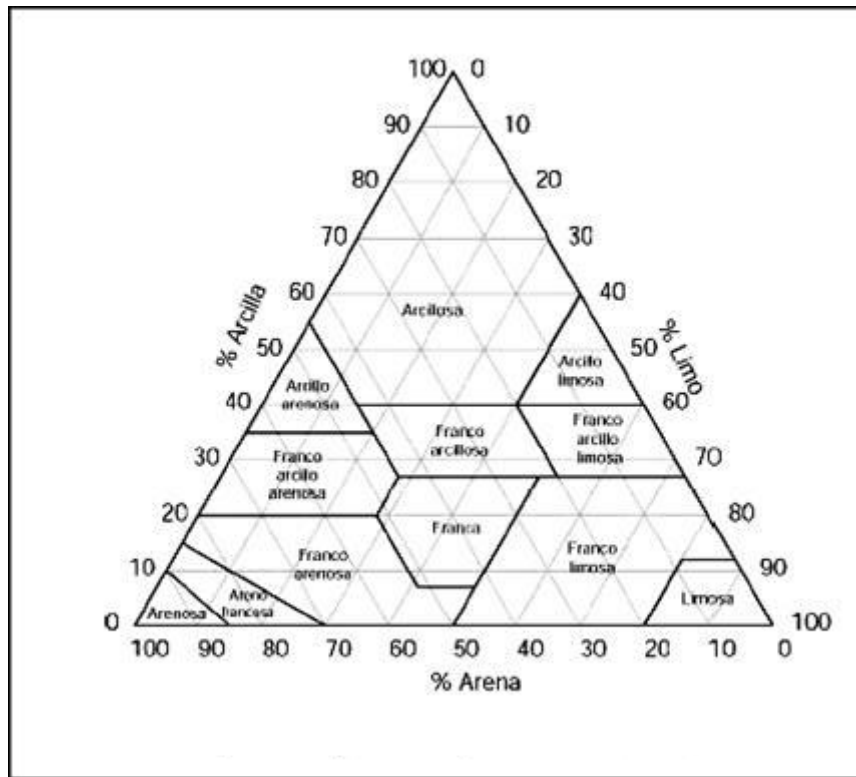
3.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas de un suelo dependen fundamentalmente de su textura y de su estructura. Estas propiedades son de importancia, ya que de ellas depende el comportamiento del aire y del agua en el suelo, y por lo tanto condicionan los fenómenos de aireación, de permeabilidad y de asfixia radicular. Por otra parte, las propiedades físicas son más difíciles de corregir que las propiedades químicas, de ahí su interés desde el punto de vista de la fertilidad de un suelo.

El término textura es una propiedad que se usa para representar la composición granulométrica del suelo. Cada término de textura corresponde a una determinada composición cuantitativa de arena, limo y arcilla. Por ejemplo, un suelo que contiene un 25% de arena, 25% de limo y 50% de arcilla se dice que tiene una textura arcillosa. Los términos texturales se definen de una manera gráfica en un diagrama triangular (Figura 1) que representa los valores de las tres fracciones (Dorronsoro, 2006). Por tanto, la textura define la cantidad y el tamaño de los espacios que existen entre las partículas del suelo. Estos espacios determinan la facilidad que tiene el agua para circular a través del suelo y la cantidad de agua que el suelo puede retener.

La mayoría de las metodologías utilizadas en el laboratorio para determinar la textura, se fundamenta en la velocidad de sedimentación de las partículas de acuerdo al tamaño que presenten, dicha ley fue propuesta por Stoke (Hillel, 1980; Malagón, 1976). La Ley de Stokes señala que cuando las partículas caen por su propio peso en un medio fluido (en velocidad constante la cual es función del tamaño), la resistencia del medio equilibra el peso de ellas anulando la acción de la gravedad. Fundamentado en esta ley, Bouyoucos en 1927, citado por Malagón, elaboró y calibró un hidrómetro para establecer datos densimétricos en soluciones suelo-agua. Este método, denominado de "Bouyoucos" es el más utilizado en la determinación de la textura en el laboratorio.

Figura 1. Diagrama para la textura de los suelo.



Fuente: Dorronsoro, 2006.

El número y la variedad de las plantas y los organismos del suelo que se encuentran en un bosque son afectados por la densidad del suelo (densidad = masa/volumen, medidos en g/mL). En el suelo, esta propiedad se determina bajo las formas de densidad real y densidad aparente.

La densidad aparente es la relación existente entre el peso de un volumen dado de suelo seco a la estufa (105 - 110°C) incluyendo su arreglo estructural (sin disturbar) y el volumen de agua desalojado por el mismo. Una correcta interpretación de los valores de la densidad aparente permite derivar nuestras apreciaciones acerca de la capacidad productiva de los suelos, tales como aireación, movimiento del agua y grado de compactación. La densidad aparente del suelo varía generalmente entre 1.35 y 1.80 g/cm³ (Tabla 1). Los suelos orgánicos y los suelos minerales con altos contenidos de materia orgánica tienen

una densidad aparente menor debido a su gran porosidad y liviandad. En suelos derivados de cenizas volcánicas, los valores de densidad aparente llegan en algunos casos a ser menores que la unidad. Con la disminución de la materia orgánica aumenta la densidad aparente.

Tabla 1. Clases texturales del suelo y densidad aparente.

TEXTURA	DENSIDAD (g/cm³)
Arcillosa	1.35 - 1.45
Arcillo limosa	1.40 - 1.50
Arcillo arenosa	1.35 - 1.45
Franca	1.45 - 1.55
Franco arcillosa	1.40 - 1.50
Franco arcillosa limosa	1.45 - 1.55
Franco arcillosa arenosa	1.45 - 1.55
Limosa	1.40 - 1.50
Franco-limosa	1.45 - 1.55
Franco-arenosa fina	1.45 - 1.55
Arena	1.70 - 1.80
Arenosa-franca fina	1.55 - 1.60

Fuente: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema 9>

Se denomina densidad real del suelo, al peso por unidad de volumen de la composición sólida del mismo, sin contener el espacio poroso. Se expresa en g/cm³ y es independiente del tamaño de las partículas. Los valores de la densidad real oscilan entre 2.60 y 2.75 g/cm³, ya que los materiales predominantes en la mayoría de los suelos (cuarzo, feldespato y sílice) tienen valores próximos a los mencionados. Valores inferiores indicarían la presencia de porcentajes elevados de materia orgánica, que debido a su escasa densidad, modifica ese promedio. En función de cálculos para densidad real se asume como valor general 2,60 g/cm³ (Jaimes, 1996).

Como consecuencia de la textura y estructura del suelo surge su porosidad, es decir su sistema de espacios vacíos o poros. Estos se distinguen en el suelo como: macroscópicos y microscópicos. Los primeros son de notables

dimensiones, y están generalmente llenos de aire, en efecto, el agua los atraviesa rápidamente, impulsada por la fuerza de la gravedad. Los segundos en cambio están ocupados en gran parte por agua retenida por las fuerzas capilares. La porosidad del suelo es un parámetro que está íntimamente relacionada con la densidad aparente; de hecho, la magnitud del espacio poroso total aumenta o disminuye en función inversa al valor que presenta esta. En otras palabras a mayor espacio poroso total menor es el valor de densidad aparente (Jaimes, 1996). El espacio poroso total se puede obtener relacionando la densidad aparente y la densidad real de un suelo (Hardy, 1970)

En líneas generales la porosidad varía dentro de los siguientes límites:

- Suelos ligeros: 30 – 45 %
- Suelos medios: 45 – 55 %
- Suelos pesados: 56 – 65 %
- Suelos turbosos: 75 – 90 %

Todos los aspectos relacionados con germinación, evaporación, transpiración, difusión de gases, actividad microbiana, alteración de la madera orgánica, depende fundamentalmente de la condición calórica del suelo. La capacidad calórica de los suelos está muy relacionada con el contenido orgánico, por otra parte se ha encontrado que la temperatura del suelo presenta una variación con la temperatura ambiente que es función de la altura del lugar (Sánchez y Bermúdez, 1991).

3.1.2 PROPIEDADES QUÍMICAS

Las propiedades químicas determinan la composición del suelo, incluye los niveles de pH, conductividad, intercambio iónico y de sus elementos químicos (nutrientes).

El pH es la medida de la concentración de hidronios (H_3O^+). Según este valor, un suelo puede ser ácido, neutro o alcalino. Las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo están influenciadas por la acidez o basicidad del medio, que a su vez condicionan su uso agronómico. En función del pH se producen distintos tipos de materia orgánica del suelo y propiedades que influyen directamente sobre el crecimiento vegetal como el movimiento y disponibilidad de los nutrientes o los procesos de intercambio catiónico.

La génesis del suelo se ve influenciada por la acidez o alcalinidad de su solución. Al aumentar la acidez del suelo, la flora bacteriana se ve desplazada por el predominio de hongos, con lo que la nitrificación y otros procesos dependientes de la actividad bacteriana se verán afectados. Por tanto, en condiciones de fuerte acidez, la fijación del nitrógeno y la mineralización de residuos vegetales se reducen. Las plantas absorben los nutrientes disueltos en el agua del suelo y la solubilidad de los nutrientes depende en gran medida del valor de pH. La medida del pH del suelo en agua es una determinación sencilla, pero de gran valor, pues sirve como criterio para decidir la necesidad de otros análisis y las técnicas a utilizar. Sin embargo, también se puede medir el pH en KCl que, junto con el pH en agua, da una idea del grado de saturación del complejo de cambio. Su interpretación se puede ver en la Tabla 2 (Castro, 1998).

Tabla 2. Clasificación de la acidez

RANGO DE pH	CLASIFICACION
Mayor de 8.0	Muy alcalino
7.4-8.0	alcalino
6.6-7.3	Neutro o casi neutro
6.1-6.5	Ligeramente ácido
5.6-6.0	Moderadamente ácido
5.1-5.5	Fuertemente ácido
4.6-5.0	Muy fuertemente ácido
Menores de 4.5	Extremadamente ácido

Fuente: Castro, 1998

Para la acidez intercambiable, los iones H^+ y Al^{+3} se extraen del suelo con una solución neutra de NaCl. Con dicha solución se realiza un intercambio catiónico de la fase sólida del suelo con la solución obteniéndose HCl libre y la sal fácilmente hidrolizable $AlCl_3$. La acidez del extracto se determina por titulación con NaOH utilizando como indicador Fenolftaleína. La determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico de un suelo implica la saturación de dicha capacidad por medio del Sodio y el lavado de su exceso (Sodio soluble no Intercambiable) agregando alcohol. Se hace después un intercambio con acetato de amonio 1N y neutro. El sodio extraído se determina por absorción Atómica o titulación con NaOH.

En la actualidad existen varios procedimientos para la determinación de fósforo disponible en suelos, que no dejan de ser un reflejo de la complejidad del comportamiento del elemento (Demolón, 1966). El fósforo puede ser cuantificado por métodos colorimétricos por medio del desarrollo de un complejo coloreado azul (ácido fosfomolibdico); en uno, el color se presenta al utilizar como agente reductor ácido ascórbico y en el otro al emplear cloruro estañoso; ambos métodos utilizan la misma solución extractora de Bray II. Este método utiliza como medio de extracción del fósforo, una solución de fluoruro de amonio en ácido clorhídrico diluido, la cual conduce a la disolución de algunos fosfatos presentes en el suelo como los de calcio, hierro y aluminio; además, gracias a la presencia de fluoruro de amonio en la disolución ácida se da la formación de complejos con iones trivalentes de hierro y aluminio, con la consecuente liberación del fósforo (Fassbender, 1975).

La cuantificación del $SO_4^{=}$ se basa en la precipitación del azufre en forma de sulfato de Bario cuando el ion sulfato extraído reacciona con el Cloruro de Bario presente en el reactivo turbidimétrico. El precipitado blanco de sulfato de Bario puede ser mantenido en suspensión mediante la adición de gelatina para posterior determinación turbidimétrica en el espectrofotómetro.

3.1.3 PROPIEDADES BIOLÓGICAS

La materia orgánica (MO) es un parámetro relacionado directamente con la calidad edáfica; adicionalmente interviene en la estructura del horizonte, ayuda a formar los complejos arcillo-húmicos del suelo, mejora la capacidad de infiltración del agua en suelos arcillosos, aumenta la capacidad de retención en los suelos arenosos y determina la disponibilidad de nutrientes, influyendo por tanto positivamente en la productividad del suelo. La MO del suelo es uno de los más importantes recursos y la base de la fertilidad del suelo, en términos generales se refiere al contenido total de carbón orgánico en el suelo.

La mayoría de los estudios coinciden en que la materia orgánica es el principal indicador de calidad del suelo y que ejerce una influencia más significativa sobre su productividad. Reeves, (1997) señala que el carbono orgánico es el atributo más analizado en estudios de larga duración y es escogido como el indicador más importante de calidad del suelo y de sustentabilidad agronómica, debido a su efecto sobre otras propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo cual se puede observar en la Tabla 3 (Zagal y Córdova, 2005).

Uno de los métodos de rutina para determinar el contenido de materia orgánica en un suelo es el análisis denominado Walkley-Black , que consiste en destruir la materia orgánica contenida en una muestra, oxidándola por medio de la adición de una mezcla de ácido sulfúrico, ácido fosfórico y dicromato de potasio, dejándola digerir por un período de tiempo, para luego realizar una determinación volumétrica con sulfato ferroso amónico del material no oxidado o por lectura espectrofotométrica y así determinar la cantidad de materia orgánica en la muestra. En la Tabla 4 se presenta cómo se clasifican los suelos según su contenido en materia orgánica.

Tabla 3. Principales contribuciones físicas, químicas y biológicas de la materia orgánica al suelo.

Según Waksman (1938)	Según Stevenson (1994)
Funciones Físicas	
Modifica el color, estructura y capacidad de retención, mezcla y la aireación del suelo	Mejora el color y retención de agua, ayuda y evita la desecación, combinada con minerales y arcillas, mejora las propiedades de mezcla y retención. Estabiliza la estructura y permite el intercambio gaseoso
Funciones Químicas	
Aumenta la solubilidad de minerales, la formación de compuestos con elementos tales como el Fe, la disponibilidad de los minerales para las plantas e incrementa las propiedades amortiguadoras del suelo	Influye sobre la actividad de los agentes quelantes hacia los micronutrientes disponibles, mantiene uniforme las reacciones en el suelo e incrementa el intercambio catiónico
Funciones Biológicas	
Se constituye como fuente de energía para los microorganismos, hace del suelo el mejor medio para el crecimiento de las plantas, proporciona un flujo lento pero continuo de nutrientes indispensables para el crecimiento.	Proporciona fuente de mineralización de nutrientes, combinada con xenobióticos, influye en la biodisponibilidad de los plaguicidas

Fuente: Wander, 1999

Tabla 4. Clasificación de los suelos según su contenido de Materia Orgánica.

% M.O.	Clasificación del suelo
0-2	Muy deficiente en M.O.
2-4	Deficiente en M.O.
4-6	Contenido normal en M.O.
6-8	Contenido apreciable en M.O
8-10	Gumífero
>10	Muy humífero

Fuente: Stevenson, 1982

La fracción biótica de la materia orgánica, formada por microorganismos vivos, desempeña un papel básico en los suelos al ser la última responsable del estado de la materia orgánica, y en general, del desarrollo y funcionalidad del ecosistema (Smith et al, 1993). Según Paul y Voroney (1989), la importancia de la determinación del carbono de la biomasa microbiana es debido al papel principal que juegan los microorganismos del suelo en la retención y liberación de nutrientes y energía del sistema. Este parámetro ha sido empleado como bioindicador de los cambios que experimenta la materia orgánica ya que es un índice más sensible que el carbono orgánico total, debido a que en el contenido de éste existe un elevado porcentaje de fracciones muy estables que pueden llegar a enmascarar las alteraciones de aquellas otras más susceptibles de cambio (Powlson y Jenkinson, 1981). Además, la fracción biótica responde con gran rapidez a las alteraciones y condiciones stress causadas en el suelo por las actividades antropomórficas, y es por tanto un indicador ecológico muy útil (Wardle, 1992).

La determinación del desprendimiento de CO₂ se ha empleado para estimar la biomasa microbiana del suelo que realmente es activa. La medida de respiración del suelo en presencia de productos potencialmente tóxicos empleados puede permitir evaluar los daños causados por estos productos sobre las funciones fisiológicas de los suelos.

La biomasa microbiana se mide por el método de la respiración inducida de un sustrato, la glucosa se utiliza para inducir un máximo de respuesta respiratoria en los microorganismos que están en el suelo, medida como evolución de CO₂, que está relacionado con la biomasa del carbono microbiano (Anderson y Domsch 1978).

Echarri, (1998) en su compendio sobre el suelo plantea que en este medio viven una gran cantidad de bacterias y hongos, tantos que su biomasa supera, normalmente, a todos los animales que viven sobre el suelo. En la zona más

superficial, iluminada, viven también algas, sobre todo diatomeas. También se encuentran pequeños animales como ácaros, colémbolos, cochinillas, larvas de insectos, lombrices, etcétera (Figura 2). Las lombrices tienen un especial interés. Son, dentro de la fauna, las de mayor presencia de biomasa, y cumplen un importante papel estructural pues sus galerías facilitan el crecimiento de las raíces y sus heces retienen agua y contienen importantes nutrientes para las plantas.

A la mesofauna pertenecen los animales de entre 0.1 a 10 mm de longitud. En ella hay muchos artrópodos, con su importancia mayor entre los *Oribátidos* y *Colémbolos*, que son predescompositores de los residuos orgánicos. Entre la mesofauna tienen la mayor importancia las lombrices de tierra con las especies principales de *Dendrobaena*, *Lumbricus*, *Alolobofora*, *Octoclasio* y *Eisenia*.

Otros grupos importantes entre la macrofauna son los isópodos y los miriápodos. Los insectos tienen en el suelo más importancia en su estado de larva. Otro grupo relevante especialmente para la descomposición de la celulosa, son los moluscos. Los vertebrados del suelo son en su mayoría animales dañinos para los cultivos, con excepción de los insectívoros.

Figura 2. Organismos vivos en el suelo.



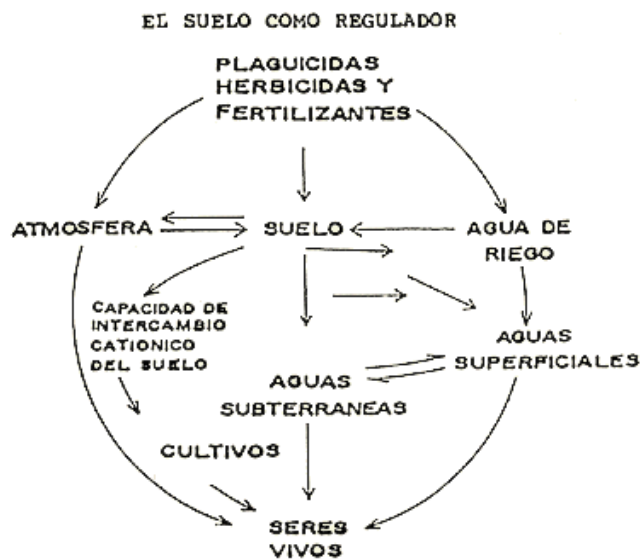
Fuente: Echarri, 1998.

El estudio del estado biológico puede servir como un marcador del estatus del suelo, es decir, como un indicador de su calidad, lo cual irá ineludiblemente unido a la fertilidad natural de dicho suelo. Así, tal y como ponen de manifiesto diversos autores, la estimación del estado biológico del suelo puede resultar útil para detectar posibles procesos degradativos que no podrían detectarse con métodos tradicionales, tales como el estado de la cubierta vegetal, contenido en carbono orgánico total, entre otros.

3.2. AGROQUIMICOS.

García y Dorronsoro, (2006) plantean que los agroquímicos son productos utilizados para combatir los parásitos y enfermedades de las plantas, proteger a los cultivos de los agentes dañinos, aunque no sean parásitos (malas hierbas, algas...) y mejorar cualitativa y cuantitativamente la producción. Al introducirlos en el ambiente pueden seguir diversos caminos: atmósfera, suelo y agua, pudiendo intercambiarse de un sistema a otro formando un ciclo (Figura 3).

Figura 3. Ciclo de agroquímicos en el ambiente.



Fuente: García y Dorronsoro, 2006.

3.2.1 AGROQUÍMICAS FITOSANITARIOS

Según García, 2006, este tipo de compuestos pueden clasificarse en:

- **Plaguicidas.** Son sustancias o compuestos químicos que sirven para combatir los parásitos de los cultivos, del ganado, de los animales domésticos, del hombre y su ambiente.
- **Herbicidas.** Son sustancias que evitan el desarrollo de determinadas plantas no deseables.
- **Fertilizantes.** Productos químicos que aportan nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas.

3.2.2 MECANISMOS DE EVOLUCIÓN DE PLAGUICIDAS EN SUELOS

Según los mismos autores citados anteriormente, los mecanismos que rigen la transformación de los plaguicidas en el suelo son diversos:

- **Descomposición química,** que tiene lugar por procesos de oxidación, reducción, hidroxilación, alquilación, rotura de anillos, hidrólisis e hidratación.
- **Descomposición fotoquímica,** que se produce por efecto del espectro de luz ultravioleta de la luz solar. Las fuentes de luz y su intensidad regulan el grado de descomposición de un compuesto.
- **Descomposición microbiana,** la acción de los microorganismos del suelo sobre los plaguicidas es probablemente el mecanismo de descomposición más importante. Los microorganismos del suelo, bacterias, algas y hongos, obtienen alimento y energía para su crecimiento por descomposición de estos compuestos orgánicos sobre todo cuando carecen de otras fuentes.
- **Volatilización,** es la pérdida del compuesto en forma de vapor. Todas las sustancias orgánicas son volátiles en algún grado dependiendo de su presión de vapor, del estado físico en que se encuentre y de la temperatura ambiente.

- **Movimiento**, el transporte de un plaguicida en el suelo, por disolución o arrastre mecánico, se hace bajo la influencia del agua. El grado de lixiviación está influido por las características físico-químicas del suelo, solubilidad del producto, frecuencia e intensidad de la lluvia.
- **Descomposición** por las plantas y organismos, como consecuencia de los procesos metabólicos que tienen lugar en las plantas.

3.2.3 PROCESOS INVOLUCRADOS EN LA EVOLUCIÓN DE LOS PLAGUICIDAS EN SUELOS

Asimismo, García y Dorronsoro describen y agrupan estos procesos en:

- **Procesos de acumulación** (adsorción). La adsorción es la interacción superficial entre un elemento o molécula (adsorbato) y una fase sólida (adsorbente). Como resultado la molécula del plaguicida queda retenida en el suelo.
- **Procesos de degradación** (descomposición química y degradación biológica).
- **Procesos de transporte** (difusión, lixiviación, volatilización).

3.2.4 FACTORES QUE REGULAN LA EVOLUCIÓN DE PLAGUICIDAS EN EL SUELO

García y Dorronsoro, (2006) consideran tanto las características del plaguicida como las propiedades del medio en que se encuentra para la determinación de los factores que intervienen su evolución en el suelo:

a) Propiedades de los plaguicidas

- **Estructura química.** Los compuestos de estructura estable son más persistentes, en concreto los plaguicidas organoclorados.
- **Volatilidad.** La volatilidad representa la tendencia del plaguicida a pasar a la fase gaseosa.

- **Coefficiente de reparto.** Se define como la relación de concentraciones de cualquier especie molecular entre dos fases (por ejemplo, en dos líquidos inmiscibles, o un líquido y un gas) en equilibrio.
- **Solubilidad.** Factor trascendente por varias razones fundamentales: **a)** La fase líquida del suelo es una fase acuosa, lo que condiciona la dinámica del plaguicida asociado a dicha fase. **b)** Los plaguicidas con mayor carácter contaminante son poco solubles en agua. **c)** Está relacionada con la adsorción y persistencia. **d)** Si el coeficiente de adsorción del plaguicida es pequeño, indica una alta movilidad de un plaguicida soluble.
- **Adsorción.** Regula la tendencia del plaguicida a quedar retenido en el suelo. Si el coeficiente de adsorción del plaguicida es pequeño, indica una alta movilidad.
- **Dosis.** Las dosis bajas desaparecen pronto.
- **Presentación.** La penetrabilidad y persistencia pueden verse influidas según sea la presentación del producto en emulsión, polvo, granulada, etcétera.
- **pKa, pKb.** Parámetros significativos para los plaguicidas que actúan como ácidos o como bases débiles, ya que determinan el rango de pH en que se comportan como especies neutras o ionizadas.

b) Características del suelo

- **Presencia de Coloides.** Los suelos ricos en coloides adsorben más fuertemente a los plaguicidas y dentro de éstos a los orgánicos con más intensidad que a los minerales.
- **La capacidad de intercambio.** Las sustancias húmicas tienen esta capacidad más elevada que los minerales de la arcilla y tienen además una superficie específica mayor, por tanto son más activas. A mayor contenido en materia orgánica más capacidad tendrá el suelo de fijar plaguicidas.
- **pH.** La adsorción de ciertos herbicidas aumenta al bajar el pH. Los productos organofosforados son más persistentes en medios ácidos. Su efecto está directamente asociado al pKa del plaguicida y a las propiedades de carga

variable del suelo y el potencial redox del mismo, que es la causa de ciertos procesos degradativos de plaguicidas

- **Estructura y textura.** Las estructuras granulares presentan una elevada porosidad y favorecen la volatilización, oxidación y transporte del plaguicida; similares resultados dan los suelos de textura gruesa.
- **Microorganismos.** Los microorganismos ejercen un papel fundamental en la degradación de los plaguicidas en el suelo, pero de manera más importante en los organofosforados.

c) Influencia del medio

- **Temperatura.** La volatilización de los plaguicidas se incrementa con la temperatura, así como la metabolización de plaguicidas
- **Pluviometría.** La humedad favorece la degradación de los plaguicidas. En general la humedad del suelo produce los siguientes efectos: menor adsorción inicial del plaguicida y aumenta la difusión del producto.
- **Cubierta vegetal.** La presencia de vegetales, sobre todo tubérculos, provoca una disminución del contenido en plaguicidas de un suelo, al asimilar parte de éstos productos.

3.2.5. IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PLAGUICIDAS EN SUELOS

Es evidente que la continúa y abusiva utilización del suelo, por parte del hombre ha truncado su evolución y ha condicionado negativamente sus propiedades. Los plaguicidas son contaminantes que deterioran el suelo. Sin embargo, estos representan una garantía para el mejoramiento de las cosechas, la producción de alimentos y la erradicación de epidemias, epizootias y plagas, pero su mala administración y su empleo excesivo conducen a la degradación o modificación del suelo.

Según la FAO - UNESCO (1980, Roma) la degradación es el proceso que rebaja la capacidad actual y potencial del suelo para producir, cuantitativa y cualitativamente, bienes y servicios.

Debido a la necesidad de obtener un alto rendimiento de cosechas, el consumo de plaguicidas es cada vez más alto. Los aspectos propiamente ecotoxicológicos derivados de la aplicación de los plaguicidas a los suelos comprenden los siguientes aspectos (García y Dorronsoro, 2006):

- **Persistencia de plaguicidas en suelos.** Es el tiempo que permanece el plaguicida en el suelo manteniendo su actividad biológica ($T_{1/2}$). El tiempo de degradación se mide en vida media que es el tiempo que tiene que transcurrir para que se desactive la mitad del plaguicida. Las consecuencias de la persistencia pueden ser muy importantes, dependiendo de la toxicidad del plaguicida y de su biodisponibilidad.
- **Producción de metabolitos tóxicos.** Los productos de degradación de algunos plaguicidas no son siempre inocuos. Así, ditiocarbamatos y fenilamidas producen metabolitos altamente tóxicos.
- **Influencia de los plaguicidas en la microflora del suelo.** Los plaguicidas no solo actúan sobre las plagas, sino que afectan indiscriminadamente a todos los organismos. El efecto es una esterilización parcial del suelo, que tarda meses o años en recobrar el nivel de equilibrio climático en las poblaciones de microorganismos. Muchas veces, incluso, puede producirse la proliferación de plagas por eliminación de sus competidores naturales (Efecto boomerang).
- **Incidencia sobre las propiedades del suelo.** Las repercusiones sobre las propiedades físico-químicas del suelo pueden ser importantes, bien sea por la acción sobre la microflora del suelo, o más difusa y con efectos a largo plazo según dosis normales de aplicación.

- **Riesgo de contaminación de aguas subterráneas.** La contaminación de acuíferos derivada de la contaminación previa del suelo es una realidad preocupante.

3.3 CONSECUENCIAS DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO

- **Pérdida de elementos nutrientes (N, P, S, K, Ca, Mg...).** Puede ser de manera directa, al ser eliminados por las aguas que se infiltran en el suelo o por erosión a través de las aguas de escorrentía; o de una forma indirecta, por erosión de los materiales que los contienen o que podrían fijarlos.
- **Modificación de las propiedades fisicoquímicas.** Acidificación, desbasificación y bloqueo de los oligoelementos que quedan en posición no disponible.
- **Deterioro de la estructura.** La compactación del suelo produce una disminución de la porosidad, que origina una reducción del drenaje y una pérdida de la estabilidad: como consecuencia se produce un encostramiento superficial y por tanto aumenta la escorrentía.
- **Disminución de la capacidad de retención de agua.** Por degradación de la estructura o por pérdida de suelo.
- **Pérdida física de materiales.** Erosión selectiva (parcial, de los constituyentes más lábiles, como los limos) o masiva (pérdida de la capa superficial del suelo, o en los casos extremos de la totalidad del suelo).
- **Incremento de la toxicidad.** Al modificarse las propiedades del suelo se produce una liberación de sustancias nocivas.

En definitiva, se produce un empeoramiento de las propiedades del suelo y una disminución de la masa de suelo. Estos efectos tienen dos consecuencias generales: a corto plazo, disminución de la producción y aumento de los gastos de explotación (cada vez el suelo necesita mayor cantidad de abonos y cada vez produce menos). A largo plazo: infertilidad total, abandono, desertización del territorio.

3.3.1 DEGRADACIÓN BIOLÓGICA

El resultado inmediato de la degradación biológica es la pérdida de la materia orgánica, cuyas consecuencias principales son un aumento de la degradación física, la pérdida de nutrientes y un aumento de la escorrentía que acelera los procesos erosivos. Podemos definir la degradación biológica como aquella que hace referencia a los procesos que aumentan la velocidad de mineralización de la materia orgánica. La descomposición de la materia orgánica es función de la actividad microbiana, la cual a su vez lo es de la temperatura y humedad del suelo (López, 2002).

3.3.2 EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN

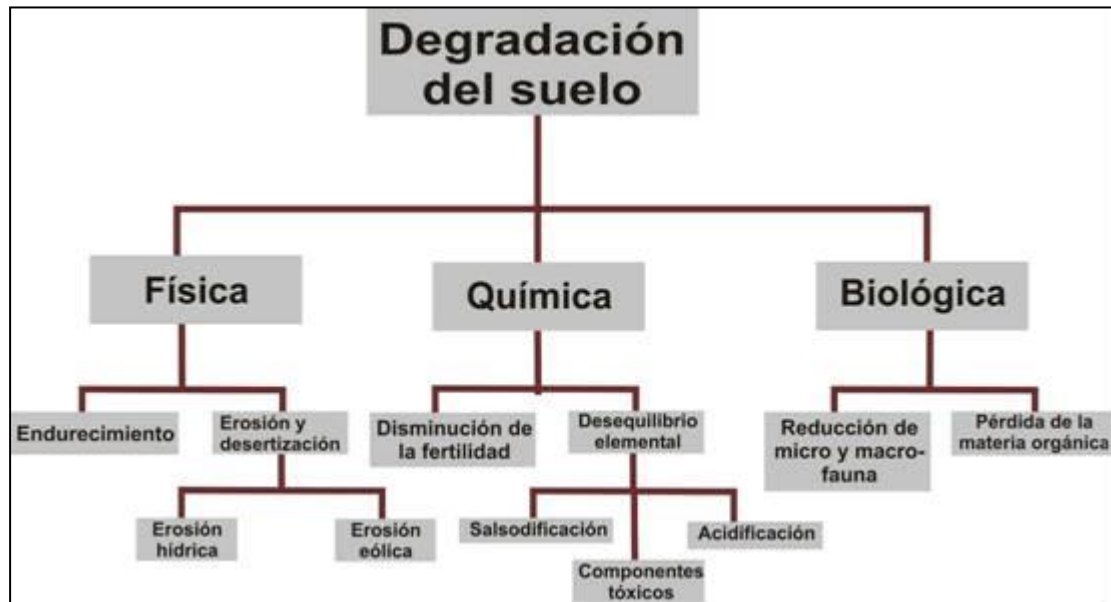
Se hace necesario identificar los indicadores que permitan conocer la degradación de la tierra que brinda la información necesaria para corregir el problema o promover la planificación y la toma de decisiones antes de que los problemas sean muy severos (Crespí et al, 2007). De forma general, se distinguen tres tipos de procesos de degradación del suelo, tal como se esquematiza en la Figura 4: Física, química y biológica.

Indirectamente, a través de la cadena trófica, la incidencia de un suelo contaminado puede ser más relevante. Absorbidos y acumulados por la vegetación, los contaminantes del suelo pasan a la fauna en dosis muy superiores a las que podrían hacerlo por ingestión de tierra. Cuando estas sustancias son bioacumulables el riesgo se amplifica al incrementarse las concentraciones de contaminantes a medida que ascendemos en la cadena trófica, en cuya cima se encuentra el hombre (Crespí et al, 2007).

En otros casos, se produce una disminución de la presencia de las sustancias químicas en el estado favorable para la asimilación por las plantas. Así pues, al modificarse el pH del suelo, pasando de básico a ácido, el ión manganeso

(fundamental para la fotosíntesis) que está disuelto en el medio acuoso del suelo se oxida, volviéndose insoluble e inmovilizándose.

Figura 4. Tipos de Degradación del suelo.



Fuente: López, 2002

La consecuencia más importante de la contaminación ambiental es la aparición de efectos perjudiciales sobre los organismos vivos, incluyendo al hombre, y los ecosistemas. Estos efectos perjudiciales se centran en la aparición de problemas patológicos concretos en individuos y poblaciones, en la modificación de la estructura, función de comunidades y ecosistemas que deben ser valorados desde un punto de vista ecotoxicológico (Crespí et al, 2007).

Son numerosos los métodos existentes para llevar a cabo la recolección y el análisis de muestras ambientales, recurriéndose habitualmente a criterios internacionales de orígenes diversos. La evaluación implica la utilización de numerosas herramientas con el objetivo último de conocer y valorar una situación, permitiendo el posterior planteamiento de actuaciones. Toda evaluación requiere como mínimo una toma de muestras y datos en campo y un posterior análisis en laboratorio. Cualquier estudio de contaminación del medio, ya sea del aire, agua o

suelo, comienza con la obtención de los datos sobre el estado inicial del mismo, ya que son imprescindibles al momento de adoptar medidas de tratamiento, control de la contaminación y de su conservación.

La finalidad de la toma de muestras es conseguir que una fracción extraída del medio a estudiar sea representativa, así como de fácil manipulación, determinación y conservación. Es esencial que la manipulación de la muestra no afecte a la composición de la misma desde que se toma hasta el momento en que se realiza el análisis. En definitiva, todas las alteraciones producidas como consecuencia de proceso contaminante repercutirán en la materia viva e inerte del suelo a través de efectos o acciones directas o a través de aquéllas que se ejerzan en compartimentos cercanos al ecosistema.

4. MARCO GEOGRÁFICO

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la finca agropecuaria “La Primavera” ubicada en el Municipio Andrés Bello, Cordero Estado Táchira Venezuela.

4.1 UBICACIÓN Y LÍMITES DEL ESTADO TÁCHIRA

Ubicación Geográfica

El Estado Táchira está situado al suroeste de Venezuela, en la región de Los Andes. Sus coordenadas Geográficas son las siguientes:

07° 22 40”; 08° 37 00” de latitud norte

71° 19 00”; 72° 29 10” de longitud oeste

Límites

El Estado Táchira limita por el norte con el estado Zulia, por el sur con el Estado Apure y la Republica de Colombia, por el este con los Estados Mérida y Barinas y por el oeste con la Republica de Colombia (Figura 5).

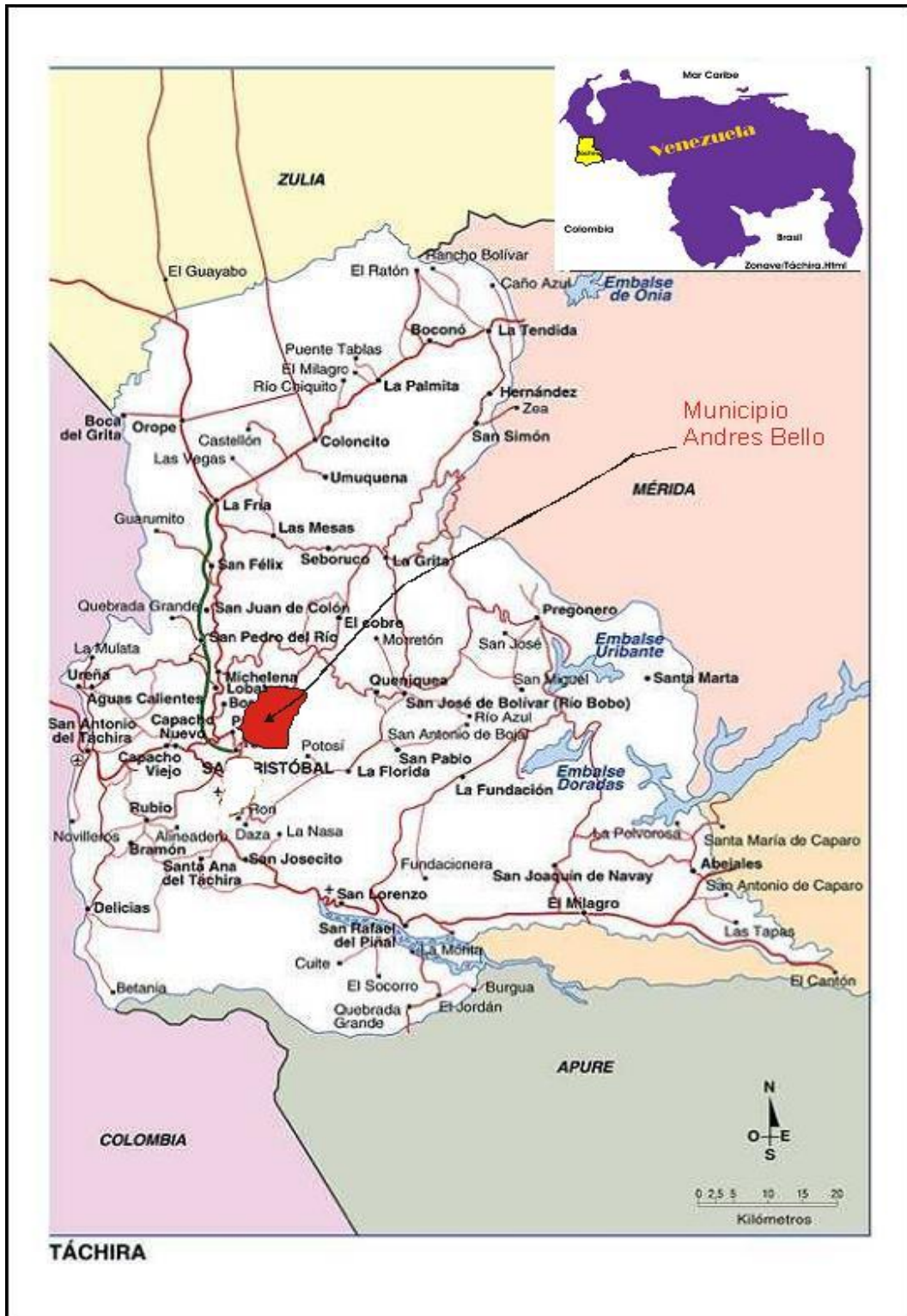
4.2 UBICACIÓN POLÍTICO TERRITORIAL Y GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO ANDRÉS BELLO

Ubicado en el centro de la zona montañosa del Estado Táchira (Figura 5). Su capital (Cordero) se encuentra a 14 Km de San Cristóbal capital del Estado y 72 Km de Cúcuta (Colombia).

Latitud norte: 07° 49 37”

Longitud oeste 72° 04 31”; 72° 12 07”

Figura 5. Ubicación geográfica del Municipio Andrés Bello Estado Táchira, Venezuela



Fuente: modificaciones de autoría.

4.2.1 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DEL MUNICIPIO ANDRÉS BELLO, TÁCHIRA-VENEZUELA

Relieve de montaña. Alturas desde 1.000 hasta 3.000 m.s.n.m, representados por La Sierra La Maravilla. El relieve se caracteriza de quebrado a accidentado, con pendientes entre 35 y 65%.

Altitud (m.s.n.m): 900 - 4500

Precipitación media Anual: 900 – 2000 mm

Temperatura media Anual: 18-26°C

Tipo de clima (Koppen): Tropical lluvioso de sabana y tropical (altura) de sabana.

Clasificación de clima (Holdridgen): Bosque muy húmedo montano bajo, bosque húmedo premontano y Bosque húmedo montano bajo

Contexto Hidrográfico

Entre otros cauces, conformada por el Río Torbes con sus quebradas: La Cordera (limita con la Finca la Primavera), La García, La Salomona, La Ahuyamala, La Fichala, La Honda, La Pedregoza y La Sabana.

Suelos.

Moderadamente profundos, texturas medias (Francos) y pH ácido

Zonas Biogeográficas

La fauna silvestre del municipio está representada mayormente por el género de la avifauna, sin embargo, no existen estudios bioecológicos ni se conocen inventarios o censos sobre la población faunística.

Problemas Ambientales

Quemas, deforestación, contaminación de ríos con desechos tóxicos, cloacas desembocando en nacientes y principales ríos. (Dossier de Municipio, 2006)

Superficie, Población y Densidad Poblacional. La Tabla 6 reseña las características en cuanto a superficie, población y densidad poblacional para el Municipio en estudio durante el año 2001.

Tabla 5. Datos del Municipio Andrés Bello.

Entidad	Superficie (Km ²)	Población Estimada	Densidad Poblacional (Hab/ Km ²)
Estado Táchira	11.100,00	1.155.864	104,13
Municipio Andrés Bello	98	20.129	205,40

Fuente: Dossier Municipio Andrés Bello, 2006

4.3 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA FINCA "LA PRIMAVERA"

La Finca agropecuaria "La Primavera" (Figura 6), es una estación experimental que pertenece a la Universidad Experimental de Táchira (UNET), ubicada en Monte Carmelo, Municipio Andrés Bello, Estado Táchira. Tiene un área de aproximadamente 22 ha (227.678 m²) parte de las cuales son administradas por el Decanato de Extensión. Altitud: 1100 m.s.n.m. En la cabecera de la finca existe un asentamiento con aproximadamente 30 familias y las aguas negras del asentamiento corren directamente a la quebrada La Cordera que desemboca en el río Torbes.

Figura 6. Vista general de la finca "La Primavera" donde se realizó la investigación



Fuente: autoría propia

Esta estación experimental está dedicada a la evaluación de tecnologías agrícolas y conservacionistas, producción agro-forestal, protección y recuperación de micro cuencas, abierta al proceso de capacitación de productores, estudiantes, técnicos y comunidades de la región y el país. Dicha unidad de producción se encuentra actualmente integrada por un conjunto de módulos cuyos principios están bien definidos dentro de su conceptualización conservacionista y educativa al servicio de la sociedad.

- El Módulo de Reforestación, Conservación y Manejo de Microcuencas persigue implementar un conjunto de medidas de orden técnico, biológico, social, económico y de educación ambiental, que conlleve a un acertado manejo integral de los recursos naturales existentes.
- Los Módulos de producción agropecuaria (Frutales, Hortalizas, Caña, Bovinos) tienen como objetivo fortalecer los sistemas agroproductivos bajo el enfoque de la agricultura sostenible, manejando en forma integral los recursos de la zona y aplicando técnicas conservacionistas para el desarrollo de la actividad agrícola, brindando modelos alternativos a las comunidades y cumpliendo con la función de educación empleando metodologías demostrativas y prácticas al servicio de la sociedad.
- El Módulo MOPREVATS (Módulo de producción, evaluación y validación de tecnologías sostenibles) integra la producción agrícola y pecuaria con el fin de dar uso eficiente a los recursos generados por ambos sistemas, aplicando diversas tecnologías que garanticen el funcionamiento de la unidad productiva las cuales son debidamente evaluadas y difundidas al sector agropecuario del Estado.
- El Módulo Trapiche cuyo objetivo es dar uso turístico creando el Museo del Trapiche Andino para hacer de la Finca La Primavera un modelo de Finca Integral donde se maneja el uso eficiente de los recursos y se combinan actividades de educación ambiental, producción agropecuaria, capacitación y turismo rural.

5. METODOLOGÍA

El trabajo de investigación se llevó a cabo entre los meses de Mayo 2007 y Junio 2008, en la finca “La Primavera” ubicada en el Municipio Andrés Bello. Para el estudio, se tomaron parcelas con sistemas de manejo agrícola diferentes (agricultura orgánica y agroquímica), lo cual permitió la comparación y así evaluar los efectos.

5.1 MUESTREO DEL SUELO.

Los resultados del análisis de un suelo dependen de la calidad de la muestra recogida. Por ello a continuación se presentan las recomendaciones seguidas en la toma de muestras de suelo para los análisis físico-químico y biológico.

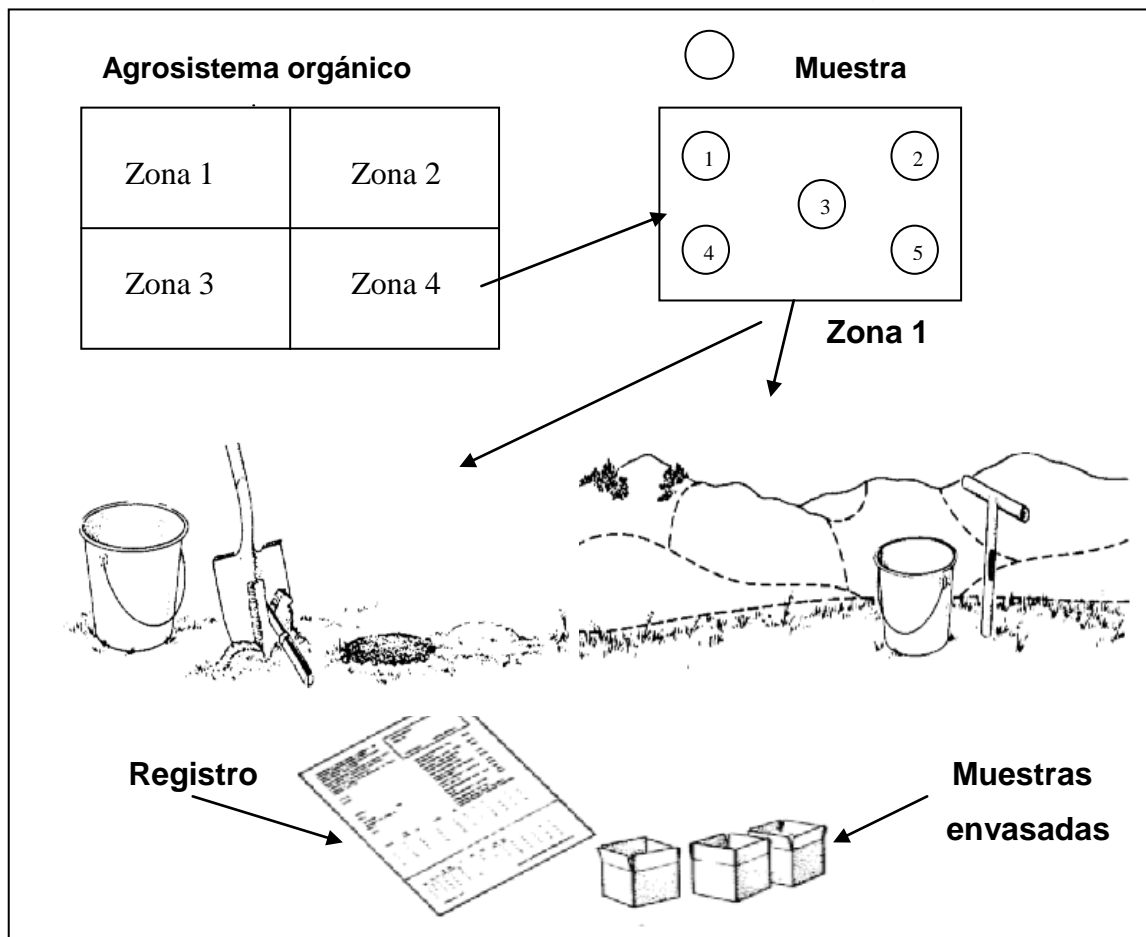
Zonas de muestreo y número de submuestras.

Los dos agrosistemas de la finca se dividieron aleatoriamente en 8 zonas homogéneas de muestreo en cuanto a tratamientos y cultivos: 4 zonas comprendían el agrosistema orgánico (mora silvestre, zona 1 y 2; cítricos zona 3 y 4), y las 4 restantes, con uso de agroquímicos (tomate, zona 5, 7 y 8; pimentón, zona 6). Es estadísticamente significativo coleccionar 10 submuestras por cada zona (Plata et al., 1989), para ello se perforaron 5 huecos en cada uno de los vértices de una X imaginaria, incluyendo el punto de intersección de las líneas que forman la X (Figura 7) y dado que la composición fisicoquímica de los suelos varía según la profundidad, se tomaron muestras a dos profundidades de 0 – 20 y 20 – 40 cm aproximadamente, metiendo las muestras en bolsas separadas para un total de 10 submuestras por zona.

Procedimiento del muestreo.

Para la adquisición de muestras se emplearon palas y barrenas, perforando hoyos en forma de V, se tomó aproximadamente 1 kg de suelo por cada hoyo, dividido en dos submuestras, según la profundidad, las cuales fueron catalogadas, codificadas y protegidas debidamente (Figura 7).

Figura 7. Toma de muestra de suelos investigados.



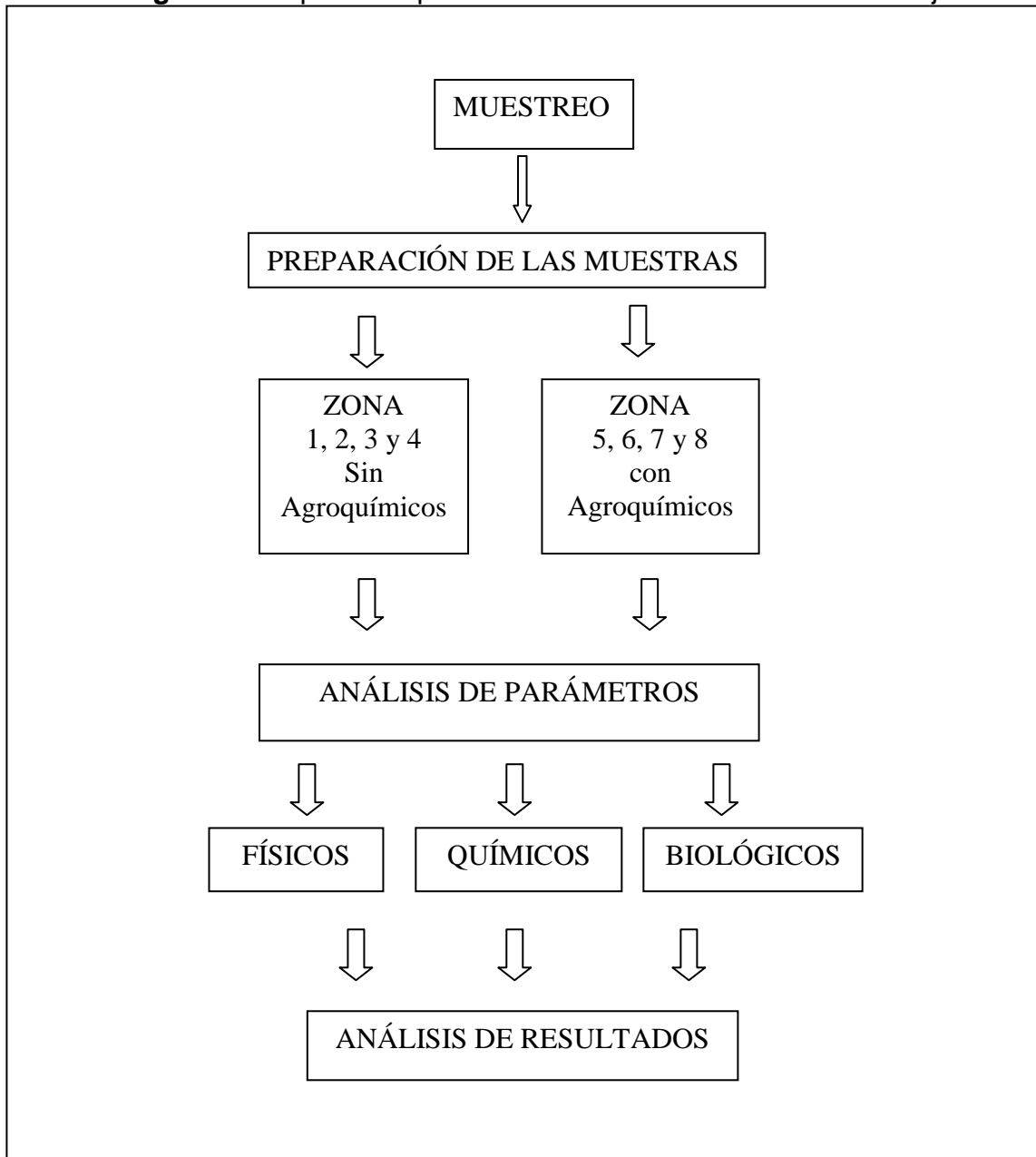
Fuente: autoría propia

5.2 MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras se transportaron al laboratorio y se dejaron secar al aire (Anexo 2), para posteriormente procesarlas siguiendo los métodos rutinarios para análisis de

suelo. Los parámetros determinados se muestran en la Tabla 7. El experimento consistió en un diseño en bloques completos al azar (Figura 8), con determinaciones realizadas por triplicado, donde se analizaron dos agrosistemas diferentes.

Figura 8. Esquema experimental desarrollado durante el trabajo



Fuente: autoría propia

Tabla 6. Métodos utilizados para Análisis según las propiedades del suelo investigado

Propiedades	Parámetros	Método	Anexo
FÍSICAS	Temperatura	Sensor	3
	Textura	Bouyoucos	4
	Humedad	Secado a 105°C	5
	Densidad aparente	Cilindro de Baodt (volumen conocido)	6
	Porosidad	Relación densidad aparente y real	7
QUÍMICAS	pH	Potenciométrico en relación suelo: agua 1:1	8
	Conductividad	Extracto de saturación	9
	Acidez intercambiable y Al^{+3}	Cloruro de potasio 1N	10
	Capacidad de intercambio catiónico	Acetato de Amonio 1N pH 7	11
	Fósforo	Método Bray II colorimétrico	12
	Azufre	Turbidimétrico	13
BIOLÓGICAS	Materia orgánica	Walkley-Black -colorimétrico	14
	Biomasa microbiana C	Respiración inducida por sustrato	15
	Diversidad y número de especies	Conteo de la diversidad y abundancia de macroartrópodos y lombrices de tierra	16

Fuente: autoría propia

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se presenta a continuación los resultados de los parámetros analizados en dos sistemas agroquímicos con diferente labranza (orgánico y con agroquímicos). Estos resultados están representados por el promedio aritmético y su correspondiente desviación estándar (DS), lo cual permite conocer la dispersión de los datos.

En los valores obtenidos para los parámetros físicos presentados en la Tabla 7, se observa que no hay mayores cambios causados por el efecto de los agroquímicos en los suelos.

Tabla 7. Resultados de los parámetros físicos, analizados en los suelos de dos agrosistemas diferentes.

Parámetros Físicos	Resultados Zonas sin agroquímicos	DS	Resultados Zonas con agroquímicos	DS
Temperatura	22°C	1	24°C	2
Textura	arena = 45,6% arcilla= 4,1% limo= 50,3%	7,0 1,1 6,6	arena = 45,4% arcilla= 9,6% limo= 45%	8,3 3,3 10,0
Humedad	21,6%	2,2	24,2%	5,3
Densidad aparente	1,31 g/cm ³	0,02	1,32 g/cm ³	0,03
Porosidad	50,7%	0,8	50,3%	0,9

Fuente: autoría propia

La temperatura (Anexo 17) se encuentra para ambos sistemas, en un valor normal según los regímenes de temperatura de los suelos, conforme a la Taxonomía Americana y su relación con los pisos altitudinales en Venezuela (Jaimes, 1996).

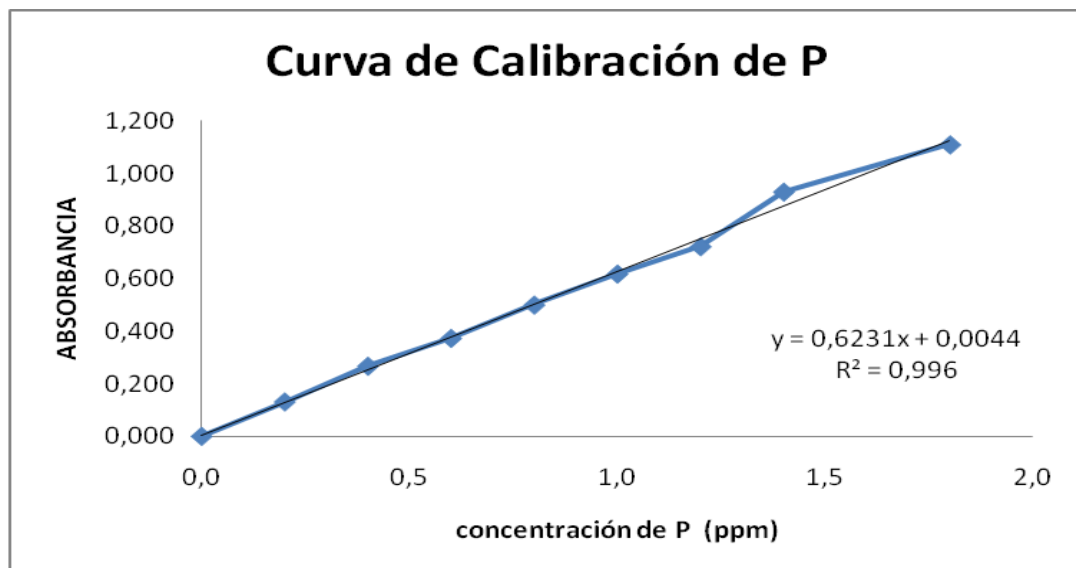
En cuanto a la humedad (Anexo 18), los valores se encuentran en un estado de humedad en equilibrio, ya que están entre seco 0% y húmedo 50% (Jaimes,

1996). La densidad aparente y porosidad (Anexo 19), parámetros íntimamente ligados entre sí, presentan valores similares en ambos sistemas, con lo que se puede considerar como suelos medios lo que favorece la rápida infiltración del agua y una buena aireación (Vera et al., 2000).

Con la composición de arena, arcilla y limo de ambos sistemas (Anexo 20), se clasifica su textura según el sistema Americano en franco arenoso por lo que se considera suelos con textura equilibrada (Jaimes, 1996).

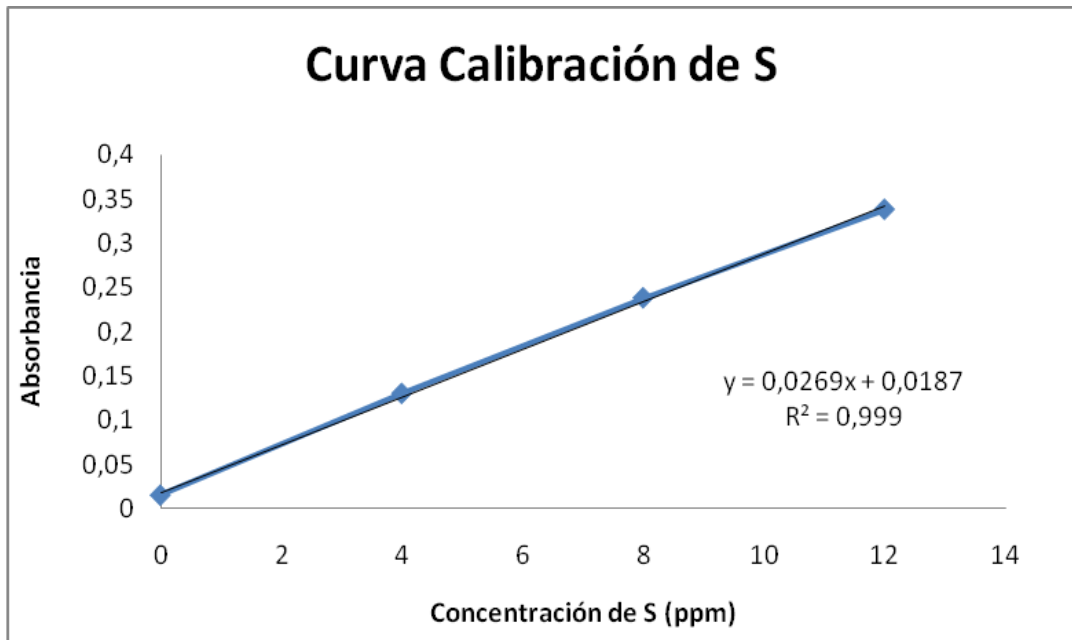
Las curvas de calibración para el fósforo, el azufre y la materia orgánica se muestran en las Figuras 9,10 y 11, se observa los coeficientes de correlación muy cercanos a 1, lo que es excelente para el cálculo de las concentraciones de cada uno de los parámetros.

Figura 9. Gráfico para curva de calibración de fósforo.



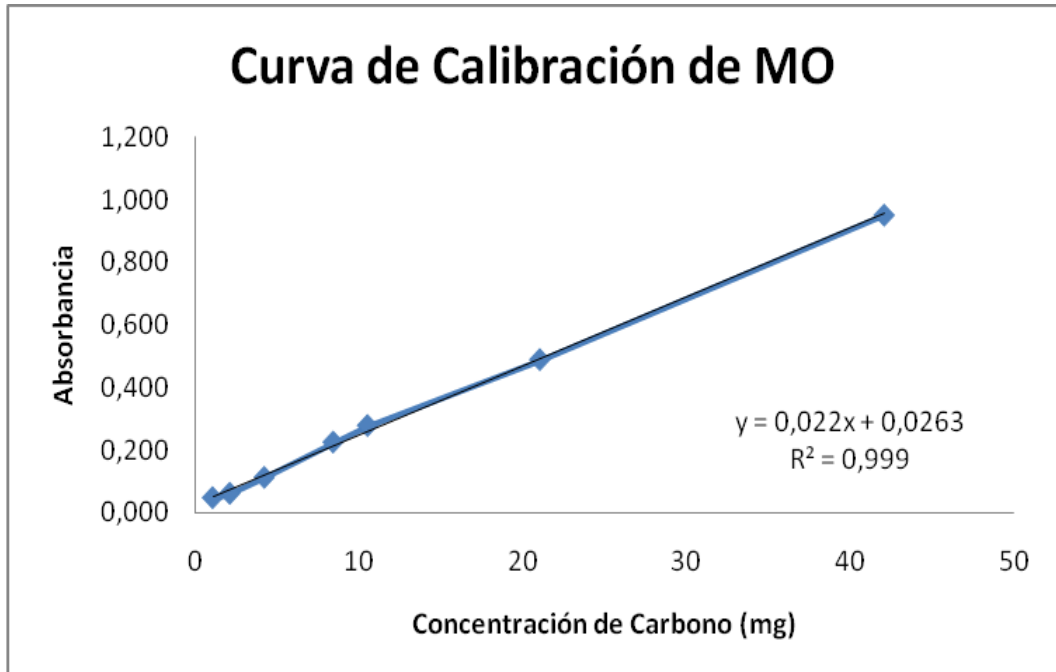
Fuente: autoría propia

Figura 10. Gráfico para curva de calibración de azufre.



Fuente: autoría propia

Figura 11. Gráfico para curva de calibración de materia orgánica.



Fuente: autoría propia

A diferencia de los parámetros físicos, la mayoría de los valores de los parámetros químicos analizados (Tabla 8), presentan cambios significativos entre los dos sistemas, estas diferencias podrían ser debido al efecto de los agroquímicos añadidos a una de ellos.

Tabla 8. Resultados de los parámetros químicos, analizados en los suelos de dos agrosistemas diferentes.

Parámetros Químicos	Resultados Zonas sin agroquímicos	DS	Resultados Zonas con agroquímicos	DS
pH	6,02	0,30	5,86	0,20
Conductividad	42,72 μ S/cm	2,87	50,78 μ S/cm	0,19
Acidez intercambiable	0,3 meq/100 g de suelo	0,1	0,6 meq/100 g de suelo	0
Capacidad de intercambio catiónico	16,2 meq/100 g de suelo	3,9	23,8 meq/100 g de suelo	2,6
Fósforo	31,1 mg/Kg de suelo	3,2	90,0 mg/Kg de suelo	20
Azufre	0,007 mg/Kg de suelo	0,001	0,008 mg/Kg de suelo	0,001

Fuente: autoría propia

El pH de los suelos de ambos sistemas agroquímicos se clasificó según la escala de acidez que se muestra en la Tabla 2. Los suelos en ambos sistemas, presentan valores de pH que van de ligeramente a moderadamente ácido (Anexo 21), aunque estos disminuyen un poco en el sistema con uso de agroquímicos, en ambos casos se encuentran en un rango normal ya que para el Estado Táchira existe un predominio de suelos ligeramente ácidos en áreas con precipitaciones entre 1500 y 2500 mm al año, lo cual corresponde con las precipitaciones del Municipio Andrés Bello (Jaimes, 1996).

Los valores obtenidos para la conductividad de los suelos (Anexo 22) son mayores en las zonas con agroquímicos. En general los valores de conductividad eléctrica corresponden a los esperados para suelos con alta pluviometría.

Por otro lado, los valores de Acidez intercambiable (Anexo 23) se incremento en un 100%, en suelos con uso de agroquímicos. Diferentes estudios reportan incrementos en este parámetro como consecuencia de la utilización de fertilizantes nitrogenados y potásicos (Hiroce et al., 1977 y Valencia, 1991).

El contenido de Fósforo en los suelos con uso de agroquímicos presenta valores más elevados (Anexo 24), con respecto a los suelos con labranza orgánica, como consecuencia de la aplicación de fertilizantes y plaguicidas. El sistema sin agroquímicos se encuentra en un nivel medio y el sistema con agroquímico presenta un nivel alto.

En los valores de azufre (Anexo 25) obtenidos, no hubo mayores diferencias entre los dos sistemas. Sin embargo parámetros como conductividad, Acidez intercambiable, Capacidad de intercambio catiónico y Fósforo presentan cambios considerables que podrían ser atribuidos a el efecto de los agroquímicos sobre los suelos.

En cuanto a la Capacidad de intercambio catiónico (Anexo 26) tuvo un aumento considerable en suelos con uso de agroquímicos con un nivel alto con respecto al nivel medio de los suelos sin agroquímicos.

Las propiedades biológicas presentaron diferencias considerables (Tabla 9) para los suelos con uso de agroquímicos, esto puede justificarse porque estos parámetros podrían ser más sensibles a las alteraciones y condiciones de stress causadas en el suelo por actividades antropomórficas (Wardle, 1992)

La materia orgánica presente en los suelos se clasificó según la Tabla 4 como deficiente para ambos sistemas. Al comparar los resultados obtenidos de los suelos (Anexo 27), se observa un ligero aumento para los suelos con uso de agroquímicos, como consecuencia del uso de plaguicidas que generalmente son sustancias orgánicas.

Tabla 9. Resultados de los parámetros biológicos, analizados en los suelos de dos agrosistemas diferentes.

Parámetros Biológicos	Resultados Zona sin agroquímicos	DS	Resultados Zona con agroquímicos	DS
Materia orgánica	2,3 %	0,5	2,9%	0,3
Biomasa microbiana C	85,7 mg C- Biomasa /100g PS	16,6	41,7 mg C- Biomasa /100g PS	16,3
Diversidad: composición y número de especies	9 especies 58 individuos	---	6 especies 23 individuos	---

Fuente: autoría propia

En cuanto al Carbono de la Biomasa microbiana, se nota un descenso de más de un 50% (Anexo 28) en suelos con uso de agroquímicos, comparado con los valores del sistema orgánico. Se ve claramente el efecto causado por los agroquímicos.

La macrofauna muestra una variación en el número de individuos en ambos suelos (sin y con agroquímicos), observándose el mayor número de individuos en el caso de los suelos con labranza orgánica, estos disminuyen abruptamente para los suelos con uso de agroquímicos (Anexo 29). Dicha diferencia puede relacionarse con la toxicidad del medio, por las diferentes prácticas a las que se ve sometido los suelos con agroquímicos. Mientras que el suelo natural, al no verse

afectado por laboreo, ofrece un ambiente estable donde existe el mayor número de individuos. Al comparar un ambiente con el otro también se obtienen diferencias significativas en la diversidad, si bien las prácticas agrícolas afectan la diversidad de la fauna del suelo, algunas especies son comparativamente menos afectadas y pueden responder positivamente (Lagerlof y Andrén, 1988). Para la diversidad animal presente en el suelo de manejo orgánico, se detectaron 9 especies, el 36 % de los individuos pertenece a una sola especie (*lombrices*) y el 64% restante se reparte entre 8 especies. Mientras que en el suelo con agregado de agroquímicos tanto el número de especies (6) como de individuos (23) es muy bajo. Sin embargo, el 61 % de los individuos pertenece a una sola especie (*lombrices*) y el 39% a las 5 especies restantes. Estos resultados muestran, claramente, el efecto perjudicial del uso de agroquímicos sobre la fauna del suelo aunque la especie de lombrices pareciera verse menos afectada.

7. CONCLUSIONES

- El conjunto de procedimientos empleados en la presente investigación permite establecer una metodología sencilla, reproducible poco contaminante y confiable para determinar contaminación por agroquímicos en suelos.
- Las prácticas de manejo de suelos con agroquímicos afectan las propiedades químicas siguientes: acidez intercambiable, capacidad de intercambio catiónico y contenido de fósforo.
- Las propiedades biológicas de los suelos tales como la biomasa microbiana y la diversidad de la macrofauna pueden utilizarse como indicadores de calidad del suelo ya que se observaron cambios muy drásticos.

8. RECOMENDACIONES

- La protección del ambiente y de las aguas subterráneas está siendo reconocida como crítica en el mundo. Es por esta razón que en ecosistemas frágiles, las aplicaciones de agroquímicos deben ser controlados. Se recomienda el uso de plaguicidas con menor persistencia en suelos y bajo potencial de precolación.
- Fomentar la investigación para potenciar las prácticas de conservación de suelos para reducir al mínimo la degradación de estos.
- Monitorear la presencia de agroquímicos en los suelos estudiados y otros del mismo tipo, en diferente época lluviosa y seca con la finalidad de obtener sus niveles y tomar los correctivos necesarios si excedieran los límites permitidos.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANDERSON. J y DOMSCH. K. **A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils.** Soil Biology & Biochemistry. 1978. 10:215-221
2. CASTRO. G. **Morbilidad y mortalidad por intoxicación con plaguicidas en el Municipio José María Vargas. Periodo 1991-1996.** Tesis de Maestría en Medicina Familiar. San Cristóbal, Venezuela. Unet. 1996. 20 p.
3. CASTRO. H. **Fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas.** Manual Técnico. Instituto Universitario Juan de Castellanos. Tunja, Colombia. 1998. p. 243-244.
4. CERÓN. R. **Enzimas del Suelo: Indicadores de Salud y Calidad.** Acta Biológica. 2005. 10: 5 -18.
5. CRESPI. S, PÉREZ. M, CUESTA. M, CABRERA. J y GARCÍA. A. **Procesos de degradación del suelo.** Unidad de Prospectiva y Vigilancia Tecnológica. CIEMAT. Grupo de Conservación y Recuperación de Suelos Contaminados. CIEMAT. 2007. p. 3-9.
6. GARCÍA. I y DORRONSORO. C. **Tema 13, Contaminación por fitosanitarios** [en línea]. [fecha de consulta: 2 de julio del 2006]. Disponible en <http://edafologia.ugr.es/conta/tema00/home.htm>
7. DEMOLÓN. A. **Crecimiento de vegetales cultivados.** Barcelona, España. Ediciones Omega. 1966. p. 199-224, 251-257.
8. DORÁN. J. **Soil Health and Global Sustainability Translating Science into Practice.** Agriculture Ecosystems Environment. 2002. 88: 119 - 127.
9. DORRONSORO. C. **Propiedades físicas del suelo.** [en línea] Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España. [fecha de consulta: 10 de julio del 2006]. Disponible en: <http://edafologia.ugr.es/introeda/tema00/progr.htm>

10. ECHARRI. L. **Suelo**. Libro Electrónico Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente [en línea]. Ediciones Teide. 1998. [fecha de consulta: 8 de julio del 2006]. Disponible en:
<http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/00General/IndiceGral>.
11. FASSBENDER. H. **Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina**. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. 1975. p. 221 - 223.
12. HARDY. F. **Suelos Tropicales**. Pedagogía Tropical con Énfasis en América. México. 1970. 334 p.
13. HILLEL. D. **Fundamentals of Soil Physic**. Academic Press. New York. 1980. 413 p.
14. HIROCE. R, BATAGLIA. J, FURLANI. A y MORAES. F. **Efeitos de quatro fontes de adubo nitrogenado nas características químicas do solo e na composicao foliar de cafeeiro**. Ciencia e Cultura. Brasil. 1977. 29 (1): 67- 72
15. JAIMES. E. **Principios de Edafología**. Instituto Universitario de tecnología Agro-Industrial Región Los Andes. San Cristóbal, Venezuela. 1996. p. 27- 61.
16. LAGERLOF. J. Y ANDREN. O. (1988). **Abundance and activity of soil mites (Acari) in four cropping systems**. Pedobiología 32: 129-145.
17. LÓPEZ. R. y LÓPEZ. M. **El diagnóstico de suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio**. Ed. Mundi-Prensa 4ª. Ed. Madrid. 1990. 363 p.
18. LÓPEZ. R. **Degradación del suelo: causas, procesos, evaluación e investigación**. 2da edición. Centro Interamericano de desarrollo e investigación Ambiental y Territorial. Mérida, Venezuela. (2002). p. 55-195.
19. MALAGÓN. D. **Propiedades Físicas de los Suelos**. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Vol. XII. N° 7. Bogotá, Colombia. 1976. 622 p.
20. PAUL. E y VORONEY. R. **Field interpretation of microbial biomass activity and measurements**. Eds. Kleng and C.A. Reedy. Current

perspective in microbial ecology. American Society for Microbiology. Washintong, D.C. USA. 1989. 50 p.

21. PLATA. E, RODRIGRUEZ. P y CORRE. G. **Evaluación de recursos naturales renovables**. Universidad Santo Tomas. Bogotá. 1989. p.141-185.
22. POWLSON. D y JENKINSON. D. **A comparison of the organic matter, biomass, adenosine triphosphate and mineralizable nitrogen content of ploughed and direct drilled soils**. Journal of Agricultural Science. 1981. 97:713-721.
23. SÁNCHEZ. J y BERMÚDEZ. E. **Régimen Térmico del Suelo en Venezuela**. Fonaiap – Ceniap. Instituto de Investigaciones Agrícolas Generales. Serie A N° 7. Maracay, Venezuela. 1991. 48 p.
24. SMITH. J, PAPENDICCK. D, BEZDICEK. F y LYNCH. J. **Soil organic matte dynamic and crop residue management**. Soil Microbial Ecology. Ed Marcel Dekker. New York, USA. 1993. p. 65 – 94.
25. STEVENSON. F. **Humus Chemistry**. Genesis, Composition, Reactions. New York, USA John Wiley and Sons. 1982. 443 p.
26. REEVES. D. **The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems**. Soil and Tillage. Research. 1997. 43:131-167.
27. VALENCIA. A. **Efecto del tipo de fertilización potásica en el crecimiento y en la producción del cafetero**. CENICAFÉE. Colombia. 1991. 15 p.
28. VERA. M, Rosales. H y Ureña. N. **Caracterización físico-química de algunos suelos cacaoteros de la zona sur del lago de Maracaibo-Venezuela**. Revista Geográfica Venezolana. 2000. 4(2):257- 270.
29. WANDER. M. **Soil quality assessment of tillage impacts in Illinois**. Soil Science Society of America Journal. 1999. 63:961-971.
30. WARDLE, D. **A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soils**. Biology Review. 1992. 67:321-358.

31. ZAGAL. E y CORDOVA. C. **Indicadores de Calidad de la Materia Orgánica del Suelo en un Andisol Cultivado.** Agricultura Técnica. 2005. 65(2):186-197. [en línea], [Fecha de consulta 14 Octubre 2008], Disponible en:
<http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072005000200008&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0365-2807.

ANEXOS

ANEXO 1. SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL ESTADO TÁCHIRA PARA EL AÑO 2006

Rubros	Superficie (Ha)		Producción Toneladas métricas
	Sembrada	Cosechada	
Total Sector Vegetal	49.966,23	47.735,63	805.112,80
Cereales y Leguminosas	1.657,88	1.666,38	4.923,04
Raíces y Tubérculos	5.990,56	5.815,13	92.860,74
Hortalizas	6.762,43	6.444,96	79.900,71
Frutales	5.539,73	5.275,98	85.895,06
Otros	30.015,63	28.536,18	541.533,25

Fuente: Dossier de las Entidades Federales Los Andes-Venezuela

ANEXO 2. TOMA Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS

El análisis de suelos comprende las siguientes etapas a saber:

- ❖ Toma de la muestra (página 38)
- ❖ Preparación de la misma
- ❖ Análisis de Laboratorio (página 40)

Preparación de la muestra

Antes de ser analizadas en el laboratorio, las muestras tienen el siguiente proceso de preparación:

Secado: Al aire 72 horas

Molida y Tamizado: Los terrones y agregados grandes se reducen de tamaño en un mortero de porcelana y se pasa por un tamiz No. 10 (diámetro interior de la malla 2 mm).

ANEXO 3. DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA

Medición directa

Materiales y Equipos empleados

- Sensor o termómetro para suelos

Procedimiento

La temperatura del suelo se mide con un termómetro adecuado (Figura 12) a 50 cm de profundidad con el fin de obtener su régimen de temperatura. Se midió la temperatura en cada uno de los vértices de una X imaginaria, incluyendo el punto de intersección de las líneas que forman la X para un total de 5 mediciones por zona.

Figura 12. Termómetro o sensor para temperatura en suelos



Fuente: autoría propia

ANEXO 4. DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA

Esta característica se determina según el método de Bouyoucos en el cual se relaciona la velocidad de sedimentación de las partículas de acuerdo a su tamaño (diámetro) a través de un líquido de densidad y viscosidad conocidas

Materiales y Equipos empleados

- Hidrómetro
- Termómetro
- Cilindro de 1000 mL
- Batidora
- Agitador o pistón

Reactivos químicos

- Agente dispersante: Pesar 35.45 g de Hexametáfosfato de sodio (NaPO_3)₆ y 7.94 g de Carbonato de sodio anhidro (Na_2CO_3). Disolver y llevar a 1 litro con agua destilada.

Procedimiento

Pesar 50 g de suelo y agregarlos en el vaso de aluminio de la batidora, agregar 100 mL de agua corriente y 15 mL de agente dispersante; agitar con una varilla y batir durante 10 minutos, pasar luego al cilindro de Bouyoucos con ayuda de lavados, llevar a volumen con el hidrómetro sumergido hasta 1130 mL.

Agitar durante un minuto con ayuda del agitador de Pistón, se introduce el hidrómetro y se lee a los 40 segundos (L_1), tome la temperatura de la suspensión.

A las 2 horas sin disturbar, se toma la segunda lectura (L₂) del hidrómetro y del termómetro.

Para cada temperatura se busca la corrección del hidrómetro correspondiente en la Tabla 10.

$$\% \text{ Arena} = \frac{100 - 1^{\text{a}} \text{ lectura corregida a los } 40'' * 100}{P_m} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{2^{\text{a}} \text{ lectura corregida a las 2 horas} * 100}{P_m} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (\% \text{ Arenas} + \% \text{ Arcilla}) \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

P_m = peso de la muestra

Con los porcentajes de arena, limo y arcilla se busca en el triangulo para la clasificación de textura (Figura 1).

Tabla 10. Correcciones para el hidrómetro a diferentes temperaturas.

°C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
15	-1.60	-1.56	-1.53	-1.49	-1.46	-1.42	-1.38	-1.35	-1.31	-1.28
16	-1.24	-1.20	-1.17	-1.13	-1.10	-1.06	-1.02	-0.99	-0.95	-0.92
17	-0.88	-0.84	-0.81	-0.77	-0.74	-0.70	-0.66	-0.63	-0.59	-0.56
18	-0.52	-0.48	-0.45	-0.41	-0.38	-0.34	-0.30	-0.27	-0.23	-0.20
19	-0.16	-0.12	-0.09	-0.05	-0.02	-0.02	0.06	0.09	0.13	0.16
20	0.20	0.24	0.27	0.31	0.34	0.38	0.42	0.45	0.49	0.52
21	0.56	0.60	0.63	0.67	0.70	0.74	0.78	0.81	0.85	0.88
22	0.92	0.96	0.99	1.03	1.06	1.10	1.14	1.17	1.21	1.24
23	1.28	1.32	1.35	1.39	1.42	1.46	1.50	1.53	1.57	1.60
24	1.64	1.68	1.71	1.75	1.78	1.82	1.86	1.89	1.93	1.96
25	2.00	2.04	2.07	2.11	2.14	2.18	2.22	2.25	2.29	2.32
26	2.36	2.40	2.43	2.47	2.50	2.54	2.58	2.61	2.65	2.68
27	2.72	2.76	2.79	2.83	2.86	2.90	2.94	2.97	3.01	3.04
28	3.08	3.12	3.15	3.19	3.22	3.26	3.30	3.33	3.37	3.40
29	3.44	3.48	3.51	3.55	3.58	3.62	3.66	3.69	3.73	3.76
30	3.80	3.84	3.87	3.91	3.94	3.98	4.02	4.05	4.09	4.12

ANEXO 5. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD EN SUELOS

Materiales y Equipos empleados

- Balanza analítica
- Estufa
- Desecador

Procedimiento

Pesar una muestra de suelo de aproximadamente 100 g. Llevar a la estufa a 105°C durante 24 horas .Dejar enfría en desecador, pesar hasta masa constante y calcular el porcentaje de humedad.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso muestra húmeda} - \text{Peso muestra seca}}{\text{Peso muestra seca}} \times 100 \quad (\text{Ec. 4})$$

ANEXO 6. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE EN SUELOS

Es la masa de material secado en estufa por unidad de volumen de suelo en su estado natural sin alterar. Su valor se expresa en g/cm^3 .

Materiales y Equipos empleados

- Cilindro portamuestra con tapas
- Base
- Tubo guía
- Cabezal
- Palita
- Martillo

Procedimiento

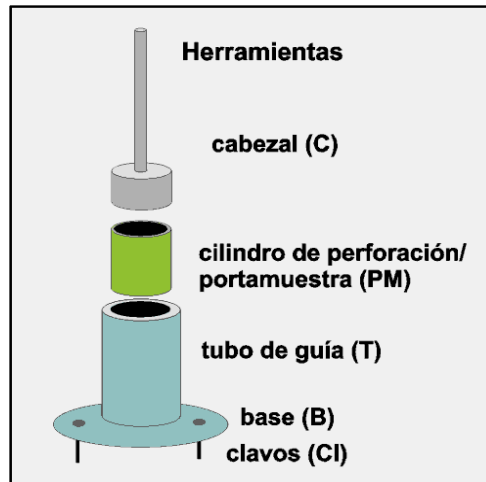
Un anillo metálico, se introduce en la superficie del suelo en sentido vertical con ayuda del cabezal, el tubo guía y la base (Figura 13). Con la ayuda de una palita, debe removerse el anillo, cuidando de que no se pierda nada de suelo del mismo, tapar (Figura 14). Colocar las muestras de suelo colectadas con los anillos metálicos en un recipiente para pesar en la balanza. Una vez anotado el peso, se ponen a secar las muestras en la estufa 60°C por un día. Esto deberá realizarse después de regresar del campo

Se obtiene una muestra no-disturbada de suelo con el volumen determinado por el volumen del cilindro portamuestra (medidas comunes: altura 5 cm, diámetro 5 cm, volumen correspondiente: $98,1748 \text{ cm}^3$).

Detalles de la obtención de muestras no-alteradas de suelo muestran los siguientes dibujos:

- 1) Herramientas

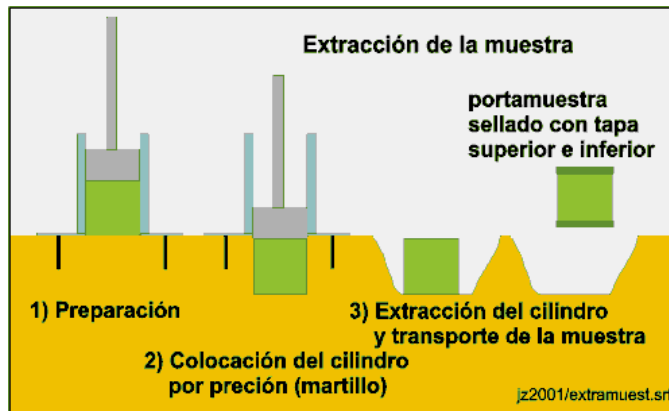
Figura 13. Herramienta para la toma de muestra de la densidad aparente



Fuente: <http://www.eccentrix.com/members/hydrogeologie/ilustraciones/herramienta>.

2) Extracción de la muestra

Figura 14. Extracción de muestra para determinación de la densidad aparente



Fuente: <http://www.eccentrix.com/members/hydrogeologie/ilustraciones/herramienta>.

La densidad aparente puede determinarse utilizando ecuación 5:

$$D_{\text{aparente}} = \frac{\text{peso seco del suelo (g)}}{\text{volumen del cilindro (cm}^3\text{)}} \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

Volumen del cilindro: $\pi * r^2 * h$

r =radio del cilindro; h = altura del cilindro

ANEXO 7. DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD EN SUELOS

La porosidad total o espacio es el porcentaje del volumen de suelo ocupado por el aire y por el agua.

Procedimiento

$$\% \text{ Porosidad total} = [1 - (D_a / D_r)] * 100 \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde;

D_a = densidad aparente

D_r = 2,6 g/mL (densidad real)

ANEXO 8. DETERMINACIÓN DEL PH EN SUELOS

Esta es una de las propiedades de los suelos más determinada, ya que constituye la propiedad química más importante de un suelo como medio destinado al cultivo de plantas.

Materiales y Equipos empleados

- Potenciometro

Reactivos químicos

- Soluciones tampón pH 4 y pH7

Procedimiento

Colocar 30 g de suelo seco en un Beaker de 100 mL., adicionar 30 mL de agua destilada, agitar con ayuda de una varilla aproximadamente 5 minutos. Dejar reposar una hora la suspensión, leer directamente en el potenciómetro previa calibración.

ANEXO 9. DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD EN SUELOS

La conductividad de un suelo (grado de salinidad) es la conductividad específica a 25° C de un extracto acuoso obtenido de un mezcla de suelo y agua de una relación definida.

Materiales y Equipos empleados

- Conductímetro

Reactivos químicos

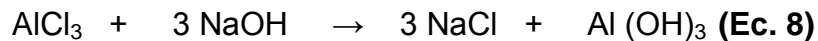
- Ninguno

Procedimiento

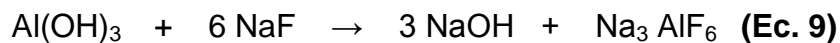
Pesar 200 g de suelo seco al aire y colocar en un recipiente plástico, adicionar agua destilada y agitar con una espátula hasta la saturación, se extrae luego el extracto en un filtro a presión, deben salir al menos 25 mL. El extracto obtenido se lee directamente en el conductímetro, ajustando la temperatura, la constante de Celda y la escala de lectura. El resultado se puede expresar en mmhos/cm, en ms/cm.

ANEXO 10. DETERMINACIÓN DE ACIDEZ INTERCAMBIABLE ($\text{Al}^{+3} + \text{H}^+$) EN SUELOS

Cuando se trata el suelo con una solución de KCl 1 N , el K^+ reemplaza el H^+ y el Al^{+3} intercambiables formándose en la solución HCl y AlCl_3 los cuales pueden ser titulados con una solución estandarizada utilizando como indicador fenolftaleína
Las reacciones de titulación son las siguientes:



Si a esta solución titulada se agrega NaF, el Aluminio presente en la forma de $\text{Al}(\text{OH})_3$ se convierte en un complejo estable de Fluor aluminio y se produce Na OH. La cantidad de Aluminio puede entonces ser determinada titulando con un ácido fuerte el NaOH formando en presencia de fenolftaleína.



Reactivos químicos

- Hidróxido de Sodio 0.1 N
- Ácido Clorhídrico 0.1N
- Fluoruro de Sodio (4%)
- Cloruro de Potasio 1 N
- Fenolftaleína

Procedimiento

Determinación de $Al^{+3} + H^+$

Tomar 5 g de suelo, agregar 25 mL de KCl 1 N, agitar durante 10 minutos o dejar en reposo durante la noche; filtrar y completar con KCl lavando sobre el embudo hasta un volumen aproximado de 60 mL.

Tomar el filtrado en un Erlenmeyer, agregar gotas de fenolftaleína y titular con NaOH 0.1 N hasta color rosado.

$$\text{Acidez intercambiable (meq/100gr suelo)} = \frac{(V \times N) \text{ soda} \times 100}{P_m \text{ (g)}} \quad \text{(Ec. 11)}$$

Determinación de Al^{+3}

A la solución de NaOH 0.1 N se agrega 1 gota de HCl 0.1 N para decolorarla. Agregar 2.5 mL de NaF y agitar, si la solución contiene (Al) el color rosado retorna. Titular HCl 0.1 N hasta que el color rosado desaparezca.

Agregar 1 ó 2 gotas de indicador, agitar, dejar en reposo 2 minutos; si el color rosado retorna, continuar la titulación hasta que una nueva adición de indicador, agitación vigorosa y reposo no colorean la solución.

$$Al^{+3} \text{ (meq/100gr suelo)} = \frac{(V \times N) \text{ ácido} \times 100}{P_m \text{ (g)}} \quad \text{(Ec. 12)}$$

Donde:

P_m = peso de la muestra

V = volumen gastado de soda o ácido

N = normalidad soda o ácido

ANEXO 11. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC) EN SUELOS

El fenómeno de superficie llamado CIC, confiere al suelo la característica de acumular nutrientes.

Reactivos químicos

- Solución Saturadora: Acetato de amonio 1N neutro
- Solución Extractora: Cloruro de sodio al 10%
- Alcohol etílico del 95% neutralizado
- Hidróxido de Sodio 0.1N

Procedimiento

Pesar 5 g de suelo en un Erlenmeyer, agregar 25 mL de Acetato de Amonio, dejar en reposo durante la noche y filtrar. Desechar el filtrado y lavar el exceso de sal amónica con 5 porciones de 10 mL de alcohol etílico sin dejar secar.

Desechar el filtrado y agregar 5 porciones de 10 mL de Cloruro de sodio en recipiente limpio sin dejar secar entre cada una de las adiciones.

Agregar 10 mL de formaldehído al filtrado, gotas de fenolftaleína y titular con Hidróxido de Sodio 0.1N hasta obtener un color rosado permanente, preparar un blanco de reactivos.

$$\text{CIC (meq/100gr)} = \frac{[(V-B) \times N] \text{ soda} \times 100}{P_m} \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde:

V= Volumen de soda gastada en la muestra

B=Volumen de soda gastada en el blanco

N= Normalidad de la soda.

P_m= Peso de la muestra

ANEXO 12. DETERMINACIÓN DEL FÓSFORO (P) EN SUELOS

El fósforo que pasa a solución extractora de HCL 0.1 N más NH_4F 0.03N se determina como fosfato colorimétricamente. Los fosfatos, con el molibdato de amonio y el tartrato de antimonio, desarrollan un color azul al reducirse con ácido ascórbico. Este color se mide en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 660nm.

Materiales y Equipos empleados

- Espectrofotómetro

Reactivos químicos

- Solución extractora de fósforo: (HCl 0.1N + NH_4F 0.03N). Disolver 1.11 g de NH_4F y 8.33 mL de HCl concentrado en agua y llevar a 1 litro.
- Solución A: Disolver 60 g de Molibdato de Amonio $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en 200 mL de H_2O .
- Añadir 1.455 g de tartrato de antimonio y potasio $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ y disolver. Agregar lentamente con agitación suave 700 mL de H_2SO_4 concentrado. Enfriar y llevar a 1 litro.
- Solución B: Disolver 61 g de ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) en agua. Completar a 500 mL.
- Solución trabajo: A partir de las soluciones A y B tomar 25 mL de la Solución A, transferir a un Beaker que contenga 800 mL de agua, mezclar y añadir 10 mL de la solución B, llevar a volumen de 1 litro con H_2O .
- Solución Madre de fósforo: Disolver 0.2195 g de Fosfato de Hidrógeno y de

- Potasio cristalizado (KH_2PO_4) previamente secado una hora a 105°C , diluir con agua en balón a 1 litro. La solución contendrá 50 ppm de

Fósforo (P).

Procedimiento

Pesar 2.85 g de suelo, pasar a un tubo de ensayo de 50 mL , añadir 20 mL de solución extractora, agitar manualmente durante 40 segundos y filtrar la suspensión inmediatamente en un Beaker de 100 mL.

Tomar 2 mL del extracto y de cada patrón (Tabla 11), transferir a un tubo de ensayo, agregar 18 mL de solución de trabajo, agitar, dejar 10 minutos y hacer la lectura en el espectrofotómetro a una $\lambda = 660\text{nm}$.

Tabla 11. Datos para la curva de Calibración fósforo

Volumen (mL) solución 50 ppm	V final con agua	P (ppm)
0	100	0
8	100	4
16	100	8
24	100	12

$$P \text{ (mg/Kg) de suelo} = \frac{Lc \text{ (ppm)} \times Fd \times 10^3}{Pm} \quad (\text{Ec. 14})$$

Donde:

Lc= lectura de concentración en la curva

Factor de dilución (Fd)= $20 \times 20 / 2$

Pm= peso de la muestra

ANEXO 13. DETERMINACIÓN DE AZUFRE (S) EN SUELOS

Este método utiliza como extractante el fosfato monocálcico el cual extrae el $\text{SO}_4^{=}$ soluble más el absorbido en la fracción coloidal del suelo. Ambas fracciones son disponibles para la planta y por lo tanto la metodología adecuada para la determinación de azufre disponible

Materiales y Equipos empleados

- Espectrofotómetro

Reactivos químicos

- Solución extractora de azufre: fosfato mono cálcico 0.008 M ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O}$). Pesar 203 g de fosfato monocálcico monohidratado, agregar 1 mL de ácido acético glacial y llevar a 1 litro.
- Solución Madre de 1000 ppm de S: Pesar 5.434 g de sulfato de Potasio (K_2SO_4), disolver y llevar a 1 litro.
- Solución ácida: Agregar 65 mL de HNO_3 concentrado y 250 mL de ácido acético glacial a 500 mL de agua. Agregar 2 mL de solución madre de 1000 ppm de azufre, llevar a un litro.
- Reactivo turbidimétrico: disolver 10 g de Polivinil Pílorridona en 300 mL de agua caliente. Disolver 150 g de Cloruro de Bario en 500 mL de agua. Mezclar la PVP y el Cloruro de Bario y llevar a volumen de 1 litro.
- Solución 100 ppm de azufre: preparada a partir de la solución madre.

Procedimiento

Pesar 10 g de suelo en vaso de precipitado de 50 mL; agregar 25 mL de la solución extractora, agitar 10 minutos y filtrar. Tomar 10 mL del filtrado y 10 mL, de cada p4 mL de reactivo turbidimétrico, agitar, dejar en reposo 20 minutos y leer en el espectrofotómetro a una $\lambda = 420\text{nm}$.

Tabla 12. Datos para la curva de Calibración azufre

Volumen (mL) (solución 100 ppm)	V* final (mL)	P (ppm)
0	50	0
2	50	4
4	50	8
6	50	12

*Llevar a volumen con solución extractora

$$S \text{ (mg/Kg) de suelo} = \frac{Lc \times 0,025 L}{Pm} \quad \text{(Ec. 15)}$$

Donde:

Lc= lectura de concentración en la curva (mg/L)

Pm= peso de la muestra (Kg)

patrón (Tabla 12), agregar 10 mL de solución acida, agitar y adicionar

ANEXO 14. DETERMINACIÓN DE LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO

Se determina a 585 nm, el color verde del ácido Crómico reducido, el cual es proporcional a la M.O que reacciona.

Materiales y Equipos empleados

- Espectrofotómetro

Reactivos químicos

- Ácido sulfúrico G.A concentración no menor del 96%.
- Dicromato de Potasio 1 N.
- Sacarosa G.A secar a 105°C durante 2 horas.
- Solución madre de sacarosa (50 mg/mL): Disolver 50 g de Sacarosa y llevar a 1 litro.

Procedimiento

Colocar en un Erlenmeyer 0.50 g de suelo previamente tamizado en un tamiz No. 60 (2 mm). Agregar 20 mL de Dicromato de potasio 1N a las muestras de suelo y a los patrones preparados, añadir 10 mL de Ácido sulfúrico concentrado, se agita vigorosamente durante 1 minuto, se deja en reposo hasta alcanzar temperatura ambiente (aproximadamente 30 min) posteriormente agregar 70 mL de agua destilada y se agita de nuevo. Dejar enfriar y sedimentar por 3 horas. Trasvasar con cuidado a los tubos de ensayo, ajustar el equipo con un blanco de reactivos y leer en el espectrofotómetro a una $\lambda=585\text{nm}$.

Se construyó la respectiva curva de calibración a partir de una solución madre de sacarosa al 50 ppm. Posteriormente, se prepararon las soluciones de trabajo cuyas alícuotas se muestran en la Tabla 13, se depositaron en balones aforados de 100 mL y se llevaron a volumen. De cada una de las soluciones preparadas se tomaron 2 mL y se siguió el mismo procedimiento descrito para las muestras de suelo.

Tabla 13. Datos para la curva de Calibración de MO

Volumen (solución 50 ppm)	V* final	C (mg)
0	100	0
2.5	100	1.05
5.0	100	2.10
10.0	100	4.21
20.0	100	8.42
25.0	100	10.52
50.0	100	21.05

*Llevar a volumen con agua

$$\% C = \frac{L_c \times 100 \times 1.3}{P_m} \quad (\text{Ec. 16})$$

$$\% \text{ M.O} = 1.724 \times \% C \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde:

Lc= Lectura de la muestra problema en la curva en mg

Pm= Peso de la muestra en mg

1.3= La eficiencia de la reacción es del 77%

1.724= factor de relación MO con C

ANEXO 15. DETERMINACIÓN DE LA BIOMASA MICROBIANA EN SUELOS

Método de la respiración inducida por sustrato (Anderson y Domsch, 1978) adaptado por Dr. Jorge E. Paolini G. (IVIC - Venezuela)

Materiales y Equipos empleados

- ❖ Frasco Schott de 250 mL con tapa de rosca y anillo de plástico para verter líquido (son similares a las botellas de reactivos químicos de la Merck).
- ❖ Tubos de centrifuga o ensayo (diámetro de 29 mm y largo de 105 mm) con borde de propileno. En los tubos de ensayo se abren pequeñas ranuras para facilitar el intercambio gaseoso. En lugar de los tubos de ensayo también se pueden colocar saquitos de nylon (tul) con el suelo.
- ❖ Bureta de 10 ó 25 mL (Apreciación de 0.05 mL).
- ❖ Incubadora.

Otra posibilidad es usar recipiente de vidrio (envases de mayonesa de 250 mL) y colocar la cantidad de suelo en el fondo, suspender un vial de centello con el hidróxido de sodio.

Reactivos químicos.

- Agua libre de CO₂. se hierve agua destilada y luego de enfriarse se conserva en una botella con un tubo de absorción.
- Hidróxido de Sodio 0.05 M
- Ácido Clorhídrico 0.1 M

- Cloruro de Bario 0.5 M.
- Indicador 0.1g de fenolftaleina se disuelve en 100 mL de etanol al 60% v/v.
- Glucosa.

Procedimiento

100 g de suelo fresco (con la humedad natural) se mezclan con 400 mg de glucosa. Muestra de 25 g se colocan en los tubos de centrifuga o los saquitos de nylon. Las muestras se dejan a temperatura ambiente por dos horas. Al final de este tiempo se colocan de forma suspendida en la botella Schott, donde previamente se han depositado 20 mL de NaOH 0.05 M, se cierra la botella y se deja incubando la muestra a 22°C por cuatro (4) horas. De forma paralela se colocan cuatro (4) blancos o controles.

La evolución de CO₂ se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\frac{(BW-VP) \times 2.2 \times 100 \times 100}{4 \times Ew \times \% PS} = \text{mg CO}_2 \times 100 \text{ g PS}^{-1} \times \text{h}^{-1} \quad \text{(Ec.18)}$$

Para un coeficiente de respiración de 1 se cumple que:

$$1 \text{ mg CO}_2 \times 100 \text{ g PS}^{-1} \times \text{h}^{-1} = 20.6 \text{ mg C- Biomasa} \times 100 \text{ g Ps}^{-1} \quad \text{(Ec.19)}$$

Donde:

BW= promedio del consumo de HCL del blanco (mL)

VP = promedio del consumo de HCL de la muestra (mL)

2.2 = Factor (1 mL de HCL 0.1 M equivale a 2.2 mg CO₂)

100 = Factor para llevar a 100g PS (peso seco)

4 = tiempo de incubación

Ew= peso de suelo (g)

100x PS⁻¹= Factor para convertir a peso seco.

ANEXO 16. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR DIVERSIDAD Y NÚMERO DE ESPECIES EN SUELOS

Tiempo requerido: 1 horas y media (1 hora para extraer las muestras y 1/2 hora para clasificar los organismos).

Materiales requeridos

- Por lo menos dos campos con diferentes prácticas de manejo de suelo (preferiblemente incluir un campo con labranza convencional y otro con labranza cero).
- Pala, preferiblemente con hoja plana.
- Palín de mano (pala para jardinería).
- Regla (en centímetros).
- Frascos llenos de alcohol (70% etanol). 5 frascos por campo.
- Bolsas plásticas para guardar los frascos.
- Marcador para etiquetar las bolsas plásticas (muestras).
- Pailas plásticas (1 por campo) para guardar frascos (con un volumen de tres galones) con el fin de recoger el agua que pasa a través de los tamices.

Muestreo

1. Marcar un cuadro (20 x 20 cm.) en la superficie del suelo. Colocar la pala plana, verticalmente, sobre uno de los lados del cuadro. Usar el pie para empujar con fuerza la pala a una profundidad de aproximadamente 25 cm. Suavemente saque la pala del suelo. Haga lo mismo en otros tres sitios del terreno a analizar.

2. Colocar los tamices de plástico uno sobre otro. Los tamices deben estar en orden, de acuerdo con el tamaño de los huecos de la malla (los tamices con aberturas grandes deben estar sobre los tamices con aberturas pequeñas).
3. Usar el palín para remover los primeros 5 cm. de cama (materia orgánica en descomposición) y suelo, y colocarlo sobre el tamiz. Suavemente deshaga con sus dedos todos los terrones grandes.
4. Levantar todos los tamices a la vez, rápidamente rote y bata los tamices de modo que el suelo gire alrededor de los tamices, pero sin botarlo. Continuar hasta que el suelo haya pasado a través del tamiz.
5. Buscar en el suelo cernido sobre un plástico (o en la palangana). Anotar todos los microorganismos en la hoja de datos. Deposite cualquier organismo no identificado en los frascos. Coloque los frascos, etiquetados con el nombre del campo y el estrato de suelo (profundidad) en una bolsa plástica.
6. Repita el paso #5 en el suelo que quedó en cada uno de los tamices.
7. Arrojar el suelo de los tamices y del plástico (NO colocar el suelo de nuevo en el agujero). Repita los pasos 3 y 6 en el suelo entre 5 y 15 cm. de profundidad.
8. Repetir los pasos 3 y 6 en el suelo entre 15 y 25 cm. de profundidad.
9. Se ha terminado con este campo. Si se desea tomar muestras de otro campo, debe repetir el procedimiento arriba mencionado.
10. Regresar al laboratorio. Utilice la guía de identificación para identificar los organismos en sus frascos. Registre sus nombres en la hoja de datos.

Evaluación de los resultados:

1. Por cada práctica del manejo de suelo del cual tomó muestras, calcule el promedio de organismos encontrados en cada categoría (promedio de lombrices, zompopos, etcétera).

ANEXO 17. TEMPERATURAS EN LOS 5 PUNTOS(X) DE CADA ZONA

Zonas sin Agroquímico	Muestras (0-50)cm	Temperatura (°C)	Tipo de Cultivo
1	1	23	Mora silvestre
	2	21	
	3	22	
	4	22	
	5	22	
2	1	22	Mora silvestre
	2	21	
	3	21	
	4	22	
	5	22	
3	1	23	Cítricos
	2	21	
	3	22	
	4	22	
	5	22	
4	1	22	Cítricos
	2	21	
	3	21	
	4	22	
	5	22	
Zonas con Agroquímico	Muestras (0-50)cm	Temperatura (°C)	Tipo de Cultivo
5	1	24	Tomate
	2	21	
	3	22	
	4	22	
	5	22	
6	1	26	Pimentón
	2	26	
	3	26	
	4	26	
	5	26	
7	1	23	Tomate pequeño
	2	23	
	3	23	
	4	23	
	5	23	
8	1	25	Tomate cosechado
	2	25	
	3	25	
	4	25	
	5	25	

ANEXO 18. HUMEDAD Y PESO SECO EN ZONAS SIN AGROQUÍMICOS.

Zonas sin Agroquímico	Humedad (%) a (0-20)cm	Humedad (%) b (20-40)cm	Promedio (%)	Peso seco (%)
1	20,0	20,5	21,9	78,1
	25,5	25,4		
	24,5	24,5		
	21,9	21,9		
	DS= 2,5	DS= 2,3		
2	20,6	19,2	18,5	81,5
	25,1	24,7		
	24,5	23,7		
	13,9	23,2		
	DS= 5,2	DS= 2,4		
3	18,8	19,7	23,1	76,9
	23,4	24,9		
	22,5	23,9		
	23,1	23,2		
	DS= 2,2	DS= 2,3		
4	19,2	19,0	23,0	77,0
	23,0	24,2		
	22,3	23,2		
	22,6	23,3		
	DS= 1,8	DS= 2,4		

a y b muestras compuestas de los 5 hoyos.

ANEXO 18. HUMEDAD Y PESO SECO EN ZONAS CON AGROQUÍMICOS.
(continuación)

Zonas con Agroquímico	Humedad (%) a (0-20)cm	Humedad (%) b (20-40)cm	Promedio (%)	Peso seco (%)
5	19,0	20,9	17,7	82,3
	22,3	25,5		
	21,8	24,8		
	17,9	17,4		
	DS=2,1	DS= 3,7		
6	19,1	18,8	26,7	73,4
	24,3	23,2		
	23,2	22,3		
	26,3	27,0		
	DS=3,0	DS=3,4		
7	28,5	30,7	30,00	70,0
	30,2	29,8		
	28,8	31,1		
	30,8	30,1		
	DS=1,1	DS=0,6		
8	18,8	20,5	22,6	77,4
	23,9	25,6		
	23,0	24,6		
	22,7	22,4		
	DS=2,3	DS=3,3		

a y b muestras compuestas de los 5 hoyos.

ANEXO 19. DENSIDAD Y POROSIDAD EN ZONAS SIN AGROQUÍMICOS

Zonas sin Agroquímico	Muestras	Densidad (g/cm³)	Densidad Promedio	Porosidad (%)	Promedio (%)
1	1	1,46	1,33 DS=0,08	44,95	49,99
	2	1,29		51,43	
	3	1,24		53,17	
	4	1,31		50,57	
	5	1,33		49,81	
2	1	1,28	1,31 DS=0,03	51,70	50,57
	2	1,30		50,94	
	3	1,36		48,68	
	4	1,30		50,94	
	5	1,31		50,57	
3	1	1,36	1,28 DS=0,16	48,68	51,80
	2	1,25		52,96	
	3	1,47		44,61	
	4	1,03		61,14	
	5	1,28		51,60	
4	1	1,50	1,32 DS=0,24	43,31	50,28
	2	1,44		45,65	
	3	1,26		52,39	
	4	1,45		45,15	
	5	0,93		64,92	

ANEXO 19. DENSIDAD Y POROSIDAD EN ZONAS CON AGROQUÍMICOS
(continuación)

Zonas con Agroquímico	Muestras	Densidad (g/cm ³)	Densidad Promedio	Porosidad (%)	Promedio (%)
5	1	0,95	1,28 DS=0,21	64,11	51,55
	2	1,38		47,75	
	3	1,50		43,26	
	4	1,30		50,94	
	5	1,28		51,70	
6	1	1,21	1,33 DS=0,09	54,39	49,90
	2	1,45		45,30	
	3	1,33		49,81	
	4	1,31		50,57	
	5	1,34		49,43	
7	1	1,45	1,34 DS=0,06	45,35	49,56
	2	1,32		50,01	
	3	1,32		50,19	
	4	1,31		50,57	
	5	1,28		51,70	
8	1	1,45	1,32 DS=0,12	45,12	50,19
	2	1,16		56,38	
	3	1,40		47,17	
	4	1,28		51,70	
	5	1,31		50,57	

ANEXO 20. TEXTURA DE LAS MUESTRAS PROBLEMAS

Zonas[@] Sin agroquímicos	Lectura1* Temperatura	Lectura 2* Temperatura	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Textura por Zona
1	25,64 24°C	2,64 24°C	48,72	5,28	46,00	Franco arenoso
2	31,28 23°C	2,14 24°C	37,44	4,28	58,28	Franco limoso
3	23,28 23°C	1,28 23°C	53,44	2,56	44,00	Franco arenoso
4	28,64 24°C	2,14 24°C	42,72	4,28	53,00	Franco limoso
Zonas[@] con agroquímicos	Lectura1* Temperatura	Lectura 2* Temperatura	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Textura por Zona
5	29,00 25°C	4,64 24°C	42,00	9,28	48,72	Franco
6	30,64 24°C	2,64 24°C	38,72	5,28	56,00	Franco limoso
7	28,28 23°C	6,64 24°C	43,44	13,28	43,28	Franco
8	21,28 23°C	5,28 23°C	57,44	10,56	32,00	Franco arenoso

@ muestras compuestas consuelos de los 5 puntos de muestreo por zona (profundidad 0-40 cm)

*lecturas corregidas promedio de tres muestras analizadas para cada zona

ANEXO 21. VALORES DE PH EN ZONAS SIN AGROQUÍMICOS.

Zonas sin Agroquímico	Muestras	pH (0-20)cm	pH (20-40)cm	pH Promedio por Zona
1	1	6,50	6,86	6,37 DS=0,30
	2	7,39	6,77	
	3	6,33	6,52	
	4	6,47	6,55	
	5	6,50	6,56	
2	1	6,48	6,72	6,20 DS=0,23
	2	6,38	6,39	
	3	6,48	6,59	
	4	6,01	6,12	
	5	6,53	6,70	
3	1	5,85	5,83	5,73 DS=0,15
	2	6,05	6,00	
	3	5,62	5,67	
	4	6,05	5,90	
	5	5,94	5,79	
4	1	5,79	5,80	5,84 DS=0,17
	2	5,90	5,93	
	3	6,10	6,03	
	4	6,01	5,95	
	5	6,33	6,22	

ANEXO 21. VALORES DE PH EN ZONAS CON AGROQUÍMICOS (continuación)

Zonas con Agroquímico	Muestras	pH (0-20)cm	pH (20-40)cm	pH Promedio por Zona
5	1	5,31	5,88	5,61 DS=0,23
	2	5,34	5,87	
	3	5,9	5,96	
	4	5,81	5,79	
	5	5,69	5,76	
6	1	5,90	6,07	5,83 DS=0,13
	2	5,96	6,16	
	3	5,99	6,14	
	4	5,92	6,15	
	5	5,77	5,88	
7	1	5,94	5,84	5,82 DS=0,28
	2	5,85	5,98	
	3	5,88	5,87	
	4	5,97	5,94	
	5	6,20	6,42	
8	1	6,58	6,50	6,17 DS=0,26
	2	6,29	6,38	
	3	6,06	6,05	
	4	6,75	6,82	
	5	6,32	6,32	

ANEXO 22. CONDUCTIVIDAD EN LAS DIFERENTES ZONAS ANALIZADAS

Zonas con Agroquímico	Conductividad (µS/cm)	Conductividad Promedio
1	37,88 40,61 38,92	39,14 DS=1,38
2	41,63 43,45 42,37	42,48 DS=0,92
3	44,47 42,45 41,84	43,16 DS=1,86
4	46,82 43,93 47,61	46,12 DS=1,94
5	50,37 52,34 49,88	50,86 DS=1,30
6	50,85 53,33 48,80	50,99 DS=2,27
7	49,32 52,75 49,55	50,54 DS=1,92
8	51,34 51,38 49,46	50,73 DS=1,10

ANEXO 23. ACIDEZ INTERCAMBIABLE EN ZONAS SIN AGROQUÍMICO

Zonas sin Agroquímico	Muestras	mL NaOH gastado (0-20)cm	mL NaOH gastado (20-40)cm	Presencia de Aluminio*	Acidez intercambiable (meq/100 g de suelo)
1	1	0,2	0,2	s/p	0,2
	2	0,1	0,1	s/p	
	3	0,1	0,1	s/p	
	4	0,1	0,1	s/p	
	5	0,1	0,1	s/p	
2	1	0,1	0,1	s/p	0,2
	2	0,1	0,1	s/p	
	3	0,1	0,1	s/p	
	4	0,1	0,1	s/p	
	5	0,1	0,1	s/p	
3	1	0,1	0,1	s/p	0,2
	2	0,05	0,05	s/p	
	3	0,1	0,1	s/p	
	4	0,1	0,1	s/p	
	5	0,1	0,1	s/p	
4	1	0,2	0,2	s/p	0,4
	2	0,2	0,2	s/p	
	3	0,2	0,2	s/p	
	4	0,2	0,2	s/p	
	5	0,2	0,2	s/p	

s/p: sin presencia de aluminio

ANEXO 23. ACIDEZ INTERCAMBIABLE EN ZONAS CON AGROQUÍMICO
(continuación)

Zonas con Agroquímico	Muestras	mL NaOH gastado (0-20)cm	mL NaOH gastado (20-40)cm	Presencia de Aluminio	Acidez intercambiable (meq/100 g de suelo)
5	1	0,3	0,3	s/p	0,6
	2	0,3	0,3	s/p	
	3	0,3	0,3	s/p	
	4	0,3	0,3	s/p	
	5	0,3	0,3	s/p	
6	1	0,3	0,3	s/p	0,6
	2	0,3	0,3	s/p	
	3	0,3	0,3	s/p	
	4	0,3	0,3	s/p	
	5	0,3	0,3	s/p	
7	1	0,3	0,3	s/p	0,6
	2	0,3	0,3	s/p	
	3	0,3	0,3	s/p	
	4	0,3	0,3	s/p	
	5	0,3	0,3	s/p	
8	1	0,3	0,3	s/p	0,6
	2	0,3	0,3	s/p	
	3	0,3	0,3	s/p	
	4	0,3	0,3	s/p	
	5	0,3	0,3	s/p	

s/p: sin presencia de aluminio

ANEXO 24. CONCENTRACIÓN DE P EN ZONAS SIN AGROQUÍMICOS

Zonas sin Agroquímico	Muestra	Lectura de Absorbancia 660 nm (0-20)cm	Lectura de Absorbancia 660 nm (20-40)cm	P (mg/Kg) de suelo	P (mg/Kg) de suelo	Promedio por cada zona (mg/Kg)
1	1	0,588	0,356	65,8	39,7	34,3
	2	0,578	0,219	64,7	24,2	
	3	0,301	0,147	33,5	16,1	
	4	0,277	0,268	30,8	29,7	
	5	0,206	0,140	22,8	15,3	
2	1	0,183	0,271	20,2	30,1	33,4
	2	0,207	0,180	22,9	19,8	
	3	0,190	0,067	21,0	7,1	
	4	0,373	0,193	41,6	21,3	
	5	0,758	0,578	85,0	64,7	
3	1	0,134	0,092	14,6	9,9	28,7
	2	0,919	0,496	133,6	55,4	
	3	0,063	0,490	6,6	5,1	
	4	0,165	0,132	18,1	14,4	
	5	0,057	0,041	6,0	4,2	
4	1	0,272	0,274	30,2	30,4	28,0
	2	0,339	0,368	37,7	41,0	
	3	0,222	0,266	24,6	29,5	
	4	0,202	0,201	22,3	22,2	
	5	0,267	0,112	29,6	12,2	

ANEXO 24. CONCENTRACIÓN DE P EN ZONAS CON AGROQUÍMICOS
(continuación)

Zonas con Agroquímico	Muestra	Lectura de Absorbancia 660 nm (0-20)cm	Lectura de Absorbancia 660 nm (20-40)cm	P (mg/Kg) de suelo	P (mg/Kg) de suelo	Promedio por cada zona (mg/Kg)
5	1	0,324	0,434	144,2	193,7	141,0
	2	0,432	0,448	192,8	200,0	
	3	0,197	0,345	87,0	153,6	
	4	0,472	0,261	210,9	115,8	
	5	0,158	0,099	69,4	42,8	
6	1	0,890	0,650	99,8	72,8	79,1
	2	0,656	0,458	73,5	51,2	
	3	0,850	0,736	95,3	82,5	
	4	0,714	0,425	80,0	45,5	
	5	0,995	0,684	113,9	76,6	
7	1	0,810	0,636	90,8	71,2	46,2
	2	0,359	0,309	40,0	34,4	
	3	0,558	0,273	62,4	30,3	
	4	0,246	0,392	27,3	43,7	
	5	0,357	0,202	39,8	22,3	
8	1	0,580	0,494	129,8	110,4	93,9
	2	0,228	0,145	50,5	31,8	
	3	0,141	0,302	30,9	67,2	
	4	0,820	0,942	183,9	319,1	
	5	0,790	0,285	177,1	63,3	

ANEXO 25. CONCENTRACIÓN DE S EN ZONAS SIN AGROQUÍMICOS.

Zonas sin Agroquímico	Muestra	Lectura de Absorbancia 420 nm (0-20)cm	Lectura de Absorbancia 420 nm (20-40)cm	S (mg/Kg) de suelo	S (mg/Kg) de suelo	Promedio por cada zona (mg/Kg)
1	1	0,077	0,092	0,005	0,007	0,006 DS=0,002
	2	0,131	0,068	0,010	0,005	
	3	0,043	0,086	0,002	0,006	
	4	0,073	0,096	0,005	0,007	
	5	0,096	0,074	0,007	0,005	
2	1	0,097	0,116	0,007	0,009	0,009 DS=0,002
	2	0,141	0,097	0,011	0,007	
	3	0,133	0,103	0,011	0,008	
	4	0,092	0,074	0,007	0,005	
	5	0,134	0,134	0,011	0,011	
3	1	0,099	0,083	0,007	0,006	0,006 DS=0,001
	2	0,062	0,065	0,004	0,004	
	3	0,077	0,079	0,005	0,006	
	4	0,096	0,086	0,007	0,006	
	5	0,1	0,107	0,008	0,008	
4	1	0,092	0,076	0,007	0,005	0,005 DS=0,001
	2	0,091	0,085	0,007	0,006	
	3	0,079	0,058	0,006	0,004	
	4	0,080	0,082	0,006	0,006	
	5	0,061	0,064	0,004	0,004	

ANEXO 25. CONCENTRACIÓN DE S EN ZONAS CON AGROQUÍMICOS
(continuación)

Zonas con Agroquímico	Muestra	Lectura de Absorbancia 420 nm (0-20)cm	Lectura de Absorbancia 420 nm (20-40)cm	S (mg/Kg) de suelo	S (mg/Kg) de suelo	Promedio por cada zona (mg/Kg)
5	1	0,048	0,085	0,003	0,006	0,007 DS=0,003
	2	0,079	0,137	0,006	0,011	
	3	0,126	0,100	0,010	0,008	
	4	0,121	0,072	0,010	0,005	
	5	0,074	0,07	0,005	0,005	
6	1	0,113	0,106	0,009	0,008	0,008 DS=0,002
	2	0,093	0,134	0,007	0,011	
	3	0,120	0,108	0,009	0,008	
	4	0,088	0,080	0,006	0,006	
	5	0,106	0,083	0,008	0,006	
7	1	0,138	0,145	0,011	0,012	0,011 DS=0,002
	2	0,133	0,154	0,011	0,013	
	3	0,174	0,139	0,014	0,011	
	4	0,098	0,117	0,007	0,009	
	5	0,143	0,117	0,012	0,009	
8	1	0,05	0,052	0,003	0,003	0,006 DS=0,003
	2	0,076	0,085	0,005	0,006	
	3	0,075	0,072	0,005	0,005	
	4	0,118	0,128	0,009	0,010	
	5	0,120	0,106	0,009	0,008	

ANEXO 26. VALORES DE CIC EN LAS DIFERENTES ZONAS.

Zonas sin Agroquímico	Muestras	mL NaoH gastado	CIC meq/100g
1	a*	4,8	16,4
	b*	4	13,2
2	a	3,5	11,2
	b	5,5	19,2
3	a	5,7	20,0
	b	6,2	22,0
4	a	4,0	13,2
	b	4,2	14,0
Zonas con Agroquímico	Muestras	mL NaoH gastado (0-20)cm	CIC meq/100g
5	a	6	21,2
	b	7,5	27,2
6	a	7,3	26,4
	b	6,6	23,6
7	a	6,3	22,4
	b	6,8	24,4
8	a	7,1	25,6
	b	5,6	19,6

a* profundidad (0-20) cm
b* profundidad (20-40) cm

ANEXO 27. CARBONO Y MO EN ZONAS SIN AGROQUÍMICOS

Zonas sin Agroquímico	Muestras	Absorbancia 585nm (0-20)cm	Absorbancia 585nm (20-40)cm	%C (0-20) cm	%C (20-40) cm	% M.O (0-20) cm	% M.O (20-40) cm	PROMEDIO POR ZONA %M.O
1	1	0,163	0,097	1,6	0,84	2,8	1,4	2,2
	2	0,186	0,145	1,9	1,4	3,3	2,4	
	3	0,130	0,125	1,2	1,2	2,1	2,0	
	4	0,105	0,078	0,9	0,6	1,6	1,1	
	5	0,135	0,160	1,3	1,6	2,2	2,7	
2	1	0,145	0,196	1,4	2,0	2,4	3,5	3,0
	2	0,224	0,196	2,3	2,0	4,0	3,5	
	3	0,206	0,130	2,1	1,2	3,7	2,1	
	4	0,147	0,135	1,4	1,3	2,5	2,2	
	5	0,178	0,162	1,8	1,6	3,1	2,8	
3	1	0,113	0,058	1,0	0,4	1,8	0,7	1,7
	2	0,200	0,109	2,1	1,0	3,5	1,7	
	3	0,140	0,086	1,3	0,7	2,3	1,2	
	4	0,123	0,087	1,1	0,7	2,0	1,2	
	5	0,118	0,077	1,1	0,6	1,9	1,0	
4	1	0,116	0,102	1,1	0,9	1,8	1,5	2,2
	2	0,101	0,092	0,9	0,8	1,5	1,3	
	3	0,139	0,091	1,3	0,8	2,3	1,3	
	4	0,168	0,191	1,7	2,0	2,9	3,4	
	5	0,155	0,185	1,5	1,9	2,6	3,2	

ANEXO 27. CARBONO Y MO EN ZONAS CON AGROQUÍMICOS (continuación)

Zonas con Agroquímico	Muestras	Absorbancia 585nm (0-20)cm	Absorbancia 585nm (20-40)cm	%C (0-20) cm	%C (20-40) cm	% M.O (0-20) cm	% M.O (20-40) cm	PROMEDIO POR ZONA %M.O
5	1	0,161	0,208	1,6	2,2	2,8	3,7	3,0
	2	0,171	0,222	1,7	2,3	3,0	4,0	
	3	0,160	0,145	1,6	1,4	2,7	2,4	
	4	0,159	0,135	1,6	1,3	2,7	2,2	
	5	0,167	0,199	1,7	2,0	2,9	3,5	
6	1	0,248	0,170	2,6	1,7	4,5	2,9	3,4
	2	0,204	0,186	2,1	1,9	3,6	3,3	
	3	0,193	0,169	2,0	1,7	3,4	2,9	
	4	0,192	0,171	2,0	1,7	3,4	3,0	
	5	0,196	0,193	2,0	2,0	3,5	3,4	
7	1	0,183	0,186	1,9	1,9	3,2	3,3	2,6
	2	0,136	0,143	1,3	1,4	2,2	2,4	
	3	0,132	0,129	1,3	1,2	2,2	2,1	
	4	0,178	0,182	1,8	1,8	3,1	3,2	
	5	0,144	0,124	1,4	1,2	2,4	2,0	
8	1	0,190	0,199	1,9	2,0	3,3	3,5	2,8
	2	0,154	0,166	1,5	1,7	2,6	2,9	
	3	0,127	0,113	1,2	1,0	2,1	1,8	
	4	0,177	0,176	1,8	1,8	3,1	3,1	
	5	0,152	0,164	1,5	1,6	2,6	2,8	

ANEXO 28. mg C-BIOMASA /100g PS EN ZONAS SIN AGROQUÍMICOS

.Zonas sin Agroquímico	Muestras replicas	mg C-Biomasa /100g PS	mg C-Biomasa /100g PS	Promedio mg C-Biomasa /100g PS
1	1	51,8	66,5	77,0
	2	153,7	103,0	
	3	41,7	45,4	
2	1	121,1	75,7	66,6
	2	80,3	39,8	
	3	42,9	39,9	
3	1	119,9	76,7	99,2
	2	87,8	49,7	
	3	156,0	105,4	
4	1	95,3	115,6	99,8
	2	95,2	101,1	
	3	97,8	94,0	

ANEXO 28. mg C-BIOMASA /100g PS EN ZONAS CON AGROQUÍMICOS

Zonas con Agroquímico	Muestras replicas	mg C-Biomasa /100g PS	mg C-Biomasa /100g PS	Promedio mg C-Biomasa /100g PS
5	1	39,55	36,40	35,0
	2	38,81	22,65	
	3	39,74	32,63	
6	1	45,8	45,8	41,0
	2	39,9	39,9	
	3	37,4	37,4	
7	1	63,00	69,71	57,1
	2	59,71	21,29	
	3	65,49	63,22	
8	1	41,80	31,20	33,3
	2	30,84	30,81	
	3	34,21	31,01	

ANEXO 29. DIVERSIDAD Y NÚMERO DE MACROFAUNA ENCONTRADA EN LAS DIFERENTES ZONAS ANALIZADAS

Zonas sin Agroquímico	Nombre	Cantidad	Total
1	Coquitos	1	11
	Hormiga	3	
	Lombrices rojas	7	
2	Arañas	3	15
	Coquitos	2	
	Cucarachas	4	
	Grillos	2	
	Gusanos grande	1	
	Larvas	1	
	Lombrices rojas	2	
3 y 4	Arañas	1	32
	Chiripas	4	
	Coquitos	5	
	Cucarachas	2	
	Gusanos	5	
	Hormigas	3	
	Lombrices rojas	12	
Zonas con Agroquímico	Nombre	Cantidad	Total
5	Arañas	1	7
	Gusanos	3	
	Hormigas	1	
	Lombrices rojas	2	
6 y 7	Coquitos	2	3
	Lombrices rojas	1	
8	Gusanos	1	13
	Larvas	1	
	Lombrices rojas	11	