

**DETERMINACION DE LA ACCION DE E.M. (MICROORGANISMOS EFICIENTES) BAJO  
CONDICIONES DE INVERNADERO, SOBRE LA ACTIVIDAD DE INTERCAMBIO  
CATIONICO, EN LA RECUPERACION DE UN SUELO DE MONDOÑEDO.**

**OLGA ANGELICA DIAZ BARRAGAN  
DIANA MERCEDES MONTERO ROBAYO**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA  
AREA DE SUELOS  
BOGOTA, D.C.  
2006**

**DETERMINACION DE LA ACCION DE E.M. (MICROORGANISMOS EFICIENTES) BAJO  
CONDICIONES DE INVERNADERO, SOBRE LA ACTIVIDAD DE INTERCAMBIO  
CATIONICO, EN LA RECUPERACION DE UN SUELO DE MONDOÑEDO.**

**OLGA ANGELICA DIAZ BARRAGAN  
DIANA MERCEDES MONTERO ROBAYO**

**Trabajo de investigación para optar al título de  
Ingeniero Ambiental y Sanitario**

**Director  
JESUS ALBERTO LAGOS CABALLERO  
Ingeniero Agrónomo M.Sc. Suelos**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA  
AREA DE SUELOS  
BOGOTA, D.C.  
2006**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

ING. JESÚS ALBERTO LAGOS CABALLERO  
Director

---

ING. RICARDO CAMPOS SEGURA  
Jurado

---

ING. CESAR BEJARANO MONTERO  
Jurado

Bogotá D.C., Febrero de 2006

**Ni la Universidad, ni el jurado calificador  
son responsables de las ideas  
expuestas en este documento.**

Art 95. Parágrafo 1. Reglamento estudiantil

A Dios y a la Virgen quienes siempre están conmigo y nunca me han dejado desfallecer.

A mis padres por su inmenso amor, su entrega, sus enseñanzas y su continuo apoyo.

A mi hermano, a pesar de lo lejos que está, ha confiado en mi y me ha dado fuerzas para seguir adelante.

A mi Lu, más que mi hermana, es mi amiga.

A mi abuelita Tata, mis tíos y mis primos con quienes siempre podré contar.

A Dianis, por ser complemento, apoyo, fuerza, y sobretodo porque se convirtió en una gran amiga y consejera en este momento.

A todos mis amigos, en especial a Olga, Gerardo, Nelson, Haidee, Astrid, Maca, Edwin, Pime y David.

A Jaime...

A mi "familia" en Ubalá, a Carlitos y Carmencita, Mabel y Sandra.

A Pool "los siamores"...

*ANGELICA*

A Dios, Luz de mi vida.

A la Virgen Santísima, protectora de mis sueños.

A mis padres, luchadores incansables, los mejores que alguien pueda tener.

A Dany, el amor de mi vida, mi estrella y mi bastón.

A mis hermanos y sobrinos, mi alegría.

A Angélica, gran amiga y compañía en la recta final.

A Haidee, amiga incondicional.

A Astrid y Maca, por las batallas compartidas.

A mis demás familiares y amigos, por estar conmigo en las buenas y en las no tanto.

A Nina, Nani, Tito y Juliana, mis niños.

*De Fe No*

## AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan el reconocimiento a:

- Jesús Alberto Lagos Caballero. Director de investigación. Universidad de la Salle.
- Camilo H. Guáqueta. Decano Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de la Salle.
- José Antonio Galindo. Secretario Académico. Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de la Salle.
- Personal del Departamento de Servicios Generales. Universidad de La Salle.
- Carlos Rodríguez Muñetón. Técnico en Química Industrial. Encargado Laboratorio Universidad de la Salle.
- Roger Sabogal Barrero. Estadístico. Universidad Nacional de Colombia.
- Miguel Ángel Márquez G. Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional de Colombia.
- Mauricio Barragán Galindo. Ingeniero de Sistemas. Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Profesores de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de La Salle.
- A nuestros amigos y compañeros.

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	19
ABSTRACT.....	20
INTRODUCCIÓN.....	21
1. OBJETIVOS.....	22
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	22
2. MARCO DE REFERENCIA.....	23
2.1 ANTECEDENTES.....	23
2.2 LOCALIZACIÓN.....	23
3. MARCO TEORICO.....	25
3.1 EL SUELO.....	25
3.1.1 Definición de suelo.....	25
3.1.2 Formación del suelo.....	25
3.1.3 Características diferenciadoras.....	26
3.1.4 La erosión del suelo.....	26
3.1.5 Categorías del suelo.....	26
3.2 MICROORGANISMOS EFICIENTES.....	27
3.2.1 Microorganismos benéficos que contiene el EM.....	27
3.2.1.1 Bacterias ácido lácticas.....	27
3.2.1.2 Levaduras.....	27
3.2.1.3 Bacterias fotosintéticas.....	27
3.2.1.4 Actinomicetos.....	27
3.2.1.5 Hongo de la fermentación.....	27
3.2.2 Aplicaciones del EM.....	27
3.2.2.1 Agricultura.....	27
3.2.2.2 Producción animal.....	30
3.2.2.3 Medio ambiente.....	30
3.2.3 Características del EM.....	30
3.3 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC).....	31
3.3.1 Relación pH con la capacidad de intercambio catiónico.....	33
3.4 BASES INTERCAMBIABLES.....	36
3.4.1 Calcio (Ca).....	37
3.4.2 Magnesio (Mg).....	37
3.4.3 Sodio (Na).....	37
3.4.4 Potasio (K).....	38



3.4.5 Saturación de bases.....	38
3.5 ACACIA JAPONESA.....	38
3.5.1 Etimología.....	39
3.5.2 Descripción.....	39
3.5.3 Cultivo y usos.....	40
3.6 ABONOS.....	40
3.6.1 Abonos Orgánicos.....	40
3.6.1.1 Compost.....	41
3.6.1.2 Mulch.....	42
3.6.1.3 Gallinaza.....	42
3.6.2 Fertilización química.....	43
3.6.2.1 Urfos 44 (Urea _ Fosfato).....	43
3.6.2.2 Klip boro.....	44
3.6.2.3 Boro.....	44
3.6.2.4 Manganeso.....	45
3.6.2.5 Cobre.....	45
3.6.2.6 Zinc.....	45
3.6.2.7 Nitrógeno.....	46
3.7 AGUA DESIONIZADA.....	46
3.8 ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATOMICA.....	48
3.8.1 Instrumentos.....	49
 4. MATERIALES Y METODOS.....	 50
4.1 LOCALIZACIÓN.....	50
4.2 RECOLECCION DE LA MUESTRA.....	50
4.3 ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DEL SUELO.....	51
4.3.1 Obtención de la capacidad de intercambio catiónico.....	51
4.3.2 Determinación de Magnesio, Calcio, Potasio y Sodio cambiabile.....	52
4.4 DEFINICION DE TRATAMIENTOS Y DOSIS DE E.M. A APLICAR.....	52
4.5 DETERMINACION DE LAS NECESIDADES NUTRICIONALES DEL SUELO INICIAL Y DEFINICION DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS A EVALUAR.....	53
4.6 HOMOGENIZACIÓN Y TAMIZADO DEL SUELO.....	53
4.7 CÁLCULO DE RIEGO.....	53
4.8 ADQUISICIÓN DE PLÁNTULAS.....	54
4.9 SIEMBRA Y MONTAJE DE TRATAMIENTOS.....	54
4.10 UBICACIÓN DE TRATAMIENTOS EN LA UNIDAD EXPERIMENTAL.....	55
4.11 RIEGO DE TRATAMIENTOS.....	57
4.12 SEGUIMIENTO.....	57
4.13 SEGUNDA SIEMBRA.....	57
4.14 ANALISIS DE C.I.C. A SUELO EN LA MITAD DEL PROCESO.....	58
4.15 DESMONTE DE TRATAMIENTOS PARA ANALISIS FINALES DE C.I.C., BASES INTERCAMBIABLES Y DE TEJIDO VEGETAL.....	58
 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	 59
5.1 ANALISIS DE MUESTRA DE SUELO INICIAL.....	59
5.2 ANALISIS DE CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO.....	59

5.2.1 Análisis de Capacidad de Intercambio Catiónico a dos meses de iniciar el proceso.....	59
5.2.2 Análisis de Capacidad de Intercambio Catiónico al finalizar la investigación.....	61
5.2.3 Análisis de pH.....	63
5.3 ANALISIS DE BASES INTERCAMBIABLES.....	65
5.3.1 Calcio (Ca).....	65
5.3.1.1 Análisis de Calcio (Ca) en relación suelo – planta.....	67
5.3.2 Magnesio (Mg).....	71
5.3.2.1 Análisis de magnesio (Mg) en relación suelo – planta.....	73
5.3.3 Sodio (Na).....	75
5.3.3.1 Análisis de Sodio (Na) en relación suelo – planta.....	77
5.3.4 Potasio (K).....	81
5.3.4.1 Análisis de Potasio (K) en relación suelo – planta.....	83
5.4 SATURACION DE BASES.....	86
5.5. ANALISIS DE RELACIONES ENTRE ELEMENTOS.....	87
5.5.1 Relación Ca/Mg.....	87
5.5.2 Relación Ca/K.....	90
5.5.3 Relación Mg/K.....	91
5.5.4 Relación (Ca+Mg)/K.....	93
5.6 ANALISIS DE TEJIDO VEGETAL.....	95
5.6.1 Plantas Nuevas.....	95
5.6.1.1 Hierro (Fe).....	95
5.6.1.2 Manganeso (Mn) .....	97
5.6.1.3 Cobre (Cu) .....	99
5.6.2 Plantas Antiguas.....	100
5.6.2.1 Hierro (Fe).....	100
5.6.2.2 Manganeso (Mn) .....	101
5.6.2.3 Cobre (Cu) .....	103
CONCLUSIONES.....	105
RECOMENDACIONES.....	108
BIBLIOGRAFÍA.....	110
ANEXOS.....	114

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Valores de pH para suelos según el IGAC... ..	34
<b>Tabla 2.</b> Valores de pH y sus efectos en el suelo.....	34
<b>Tabla 3.</b> Estimativo general de la C.I.C. en los suelos.....	36
<b>Tabla 4.</b> Interpretación de las bases cambiables y estimativo porcentual de saturación de bases de cambio.....	38
<b>Tabla 5.</b> Tratamientos.....	52
<b>Tabla 6.</b> Dosis de E.M. aplicado.....	53
<b>Tabla 7.</b> Necesidades del suelo inicial.....	53
<b>Tabla 8.</b> Tratamientos y sus repeticiones.....	55
<b>Tabla 9.</b> Capacidad de intercambio catiónico a la mitad del proceso.....	60
<b>Tabla 10.</b> Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de C.I.C a la mitad del proceso .....	61
<b>Tabla 11.</b> Capacidad de intercambio catiónico al final del proceso.....	62
<b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de C.I.C al final del Proceso.....	62
<b>Tabla 13.</b> Valores de pH en el suelo.....	64
<b>Tabla 14.</b> Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para valores de pH por tratamiento.....	65
<b>Tabla 15.</b> Base Calcio en el suelo.....	66
<b>Tabla 16.</b> Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para evaluación de la variación de Calcio por tratamiento.....	67
<b>Tabla 17.</b> Calcio en plantas antiguas.....	68
<b>Tabla 18.</b> Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para evaluación de la variación de Calcio en plantas antiguas.....	69
<b>Tabla 19.</b> Calcio en plantas nuevas.....	70
<b>Tabla 20.</b> Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de la variación de Calcio en plantas nuevas.....	70
<b>Tabla 21.</b> Base Magnesio en el suelo.....	71
<b>Tabla 22.</b> Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para evaluación de la variación de Magnesio por tratamiento.....	72
<b>Tabla 23.</b> Magnesio en plantas antiguas.....	73
<b>Tabla 24.</b> Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para evaluación de la variación de Magnesio en plantas antiguas.....	74
<b>Tabla 25.</b> Magnesio en plantas nuevas.....	75
<b>Tabla 26.</b> Análisis de varianza para evaluación de la variación de Magnesio en plantas nuevas.....	75
<b>Tabla 27.</b> Base Sodio en el suelo.....	76
<b>Tabla 28.</b> Análisis de varianza y pruebas de comparación de Duncan para evaluación de la variación de Sodio por tratamiento.....	77
<b>Tabla 29.</b> Sodio en plantas antiguas.....	78

<b>Tabla 30.</b> Análisis de varianza y pruebas de comparación de Duncan para evaluación de la variación de Sodio en plantas antiguas.....	78
<b>Tabla 31.</b> Sodio en plantas nuevas.....	79
<b>Tabla 32.</b> Análisis de varianza y pruebas de comparación de Duncan para evaluación de la variación de Sodio en plantas nuevas.....	80
<b>Tabla 33.</b> Base Potasio en el suelo.....	81
<b>Tabla 34.</b> Análisis de varianza y pruebas de comparación de Duncan para evaluación de la variación de Potasio por tratamiento.....	82
<b>Tabla 35.</b> Potasio en plantas antiguas.....	83
<b>Tabla 36.</b> Análisis de varianza y pruebas de comparación de Duncan para evaluación de la variación de Potasio en plantas antiguas.....	84
<b>Tabla 37.</b> Potasio en plantas nuevas.....	84
<b>Tabla 38.</b> Análisis de varianza y pruebas de comparación de Duncan para evaluación de la variación de Potasio en plantas nuevas.....	85
<b>Tabla 39.</b> Datos porcentuales de saturación de bases.....	86
<b>Tabla 40.</b> Análisis de varianza y pruebas de comparación de Duncan para evaluación de saturación de bases .....	87
<b>Tabla 41.</b> Relación Ca/Mg en el suelo.....	88
<b>Tabla 42.</b> Análisis de varianza y pruebas de comparación de Duncan para evaluación de la relación Ca/Mg entre tratamientos.....	89
<b>Tabla 43.</b> Relación Ca/K en el suelo.....	90
<b>Tabla 44.</b> Análisis de varianza y pruebas de comparación de Duncan para evaluación de la relación Ca/K entre tratamientos.....	91
<b>Tabla 45.</b> Relación Mg/K en el suelo.....	92
<b>Tabla 46.</b> Análisis de varianza y pruebas de comparación de Duncan para evaluación de la relación Mg/K entre tratamientos.....	93
<b>Tabla 47.</b> Relación Ca+Mg/K en el suelo.....	94
<b>Tabla 48.</b> Análisis de varianza y pruebas de comparación de Duncan para evaluación de la relación Ca+Mg/K entre tratamientos.....	94
<b>Tabla 49.</b> Hierro en plantas nuevas.....	96
<b>Tabla 50.</b> Análisis de varianza y pruebas de comparación de Duncan para evaluación de Hierro en plantas nuevas.....	97
<b>Tabla 51.</b> Manganeseo en plantas nuevas.....	98
<b>Tabla 52.</b> Análisis de varianza para evaluación de Manganeseo en plantas nuevas.....	98
<b>Tabla 53.</b> Cobre en plantas nuevas.....	99
<b>Tabla 54.</b> Análisis de varianza y pruebas de comparación de Duncan para evaluación de Cobre en plantas nuevas.....	100
<b>Tabla 55.</b> Hierro en plantas antiguas.....	100
<b>Tabla 56.</b> Análisis de varianza para evaluación de Hierro en plantas antiguas.....	101
<b>Tabla 57.</b> Manganeseo en plantas antiguas.....	102
<b>Tabla 58.</b> Análisis de varianza y pruebas de comparación de Duncan para evaluación de Manganeseo en plantas antiguas.....	102
<b>Tabla 59.</b> Cobre en plantas antiguas.....	103

<b>Tabla 60.</b> Análisis de varianza y pruebas de comparación de Duncan para evaluación de Cobre en plantas antiguas.....	104
--	-----

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Ubicación del Municipio de Mosquera Cundinamarca y Desierto Zabinsky.....	24
<b>Figura 2.</b> Panorámica desierto Zabinsky.....	24
<b>Figura 3.</b> Estructura tetraédrica de una partícula de arcilla .....	33
<b>Figura 4.</b> Valores de Capacidad de intercambio catiónico Vs. pH.....	35
<b>Figura 5.</b> Acacia Japonesa .....	39
<b>Figura 6.</b> Espectrofotómetro de absorción atómica. Universidad de la Salle.....	48
<b>Figura 7.</b> Unidad experimental.....	50
<b>Figura 8.</b> Desierto de Zabinsky.....	50
<b>Figura 9.</b> Horizontes del suelo del desierto de Zabinsky.....	51
<b>Figura 10.</b> Práctica de Capacidad de intercambio catiónico en el laboratorio de Ingeniería Ambiental.....	51
<b>Figura 11.</b> Espectrofotómetro de absorción atómica. Universidad de la Salle.....	52
<b>Figura 12.</b> Prueba de riego.....	54
<b>Figura 13.</b> Ubicación de los materas dentro de la unidad experimental.....	55
<b>Figura 14.</b> Ubicación de materas en la unidad experimental .....	55
<b>Figura 15.</b> Materas con plantas nuevas y antiguas.....	58
<b>Figura 16.</b> Resultados de Capacidad de intercambio catiónico en la mitad del proceso.....	60
<b>Figura 17.</b> Resultados de Capacidad de intercambio catiónico al final del proceso.....	62
<b>Figura 18.</b> Resultados de pH en el suelo por tratamiento.....	64
<b>Figura 19.</b> Variación de Calcio por tratamiento en el suelo .....	66
<b>Figura 20.</b> Variación de Calcio en plantas antiguas .....	69
<b>Figura 21.</b> Variación de Calcio en plantas nuevas.....	70
<b>Figura 22.</b> Variación de Magnesio por tratamiento en el suelo.....	72
<b>Figura 23.</b> Variación de Magnesio en plantas antiguas .....	74
<b>Figura 24.</b> Variación de Magnesio en plantas nuevas .....	75
<b>Figura 25.</b> Variación de Sodio por tratamiento en el suelo.....	76
<b>Figura 26.</b> Variación de Sodio en plantas antiguas.....	78
<b>Figura 27.</b> Variación de Sodio en plantas nuevas .....	80
<b>Figura 28.</b> Variación de Potasio por tratamiento en el suelo.....	82
<b>Figura 29.</b> Variación de Potasio en plantas antiguas.....	83
<b>Figura 30.</b> Variación de Potasio en plantas nuevas .....	85
<b>Figura 31.</b> Porcentaje de saturación de bases.....	86
<b>Figura 32.</b> Relación de Ca/Mg entre tratamientos .....	89
<b>Figura 33.</b> Relación de Ca/K entre tratamientos.....	90
<b>Figura 34.</b> Relación de Mg/K entre tratamientos.....	92
<b>Figura 35.</b> Relación de Ca+Mg/K entre tratamientos.....	94
<b>Figura 36.</b> Variación de Hierro en plantas nuevas .....	96

<b>Figura 37.</b>	Variación de Manganeso en plantas nuevas .....	98
<b>Figura 38.</b>	Variación de Cobre en plantas nuevas .....	99
<b>Figura 39.</b>	Variación de Hierro en plantas antiguas.....	101
<b>Figura 40.</b>	Variación de Manganeso en plantas antiguas.....	102
<b>Figura 41.</b>	Variación de Cobre en plantas antiguas.....	104

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo A.</b> Metodologías aplicadas.....	115
<b>Anexo B.</b> Diario de campo y cronograma de riego.....	120
<b>Anexo C.</b> Conversión mg/L a meq/100g en suelo y en plantas.....	123
<b>Anexo D.</b> Resultados de análisis realizados en la Universidad Nacional de Colombia.....	125
<b>Anexo E.</b> Tablas para interpretación de resultados Universidad de California ....	126
<b>Anexo F.</b> Registro de Temperatura.....	129
<b>Anexo G.</b> Valores de pH.....	130
<b>Anexo H.</b> Resultados de Capacidad de Intercambio Catiónico.....	131
<b>Anexo I.</b> Análisis Morfológico Plantas Antiguas y Plantas nuevas.....	132
<b>Anexo J.</b> Resultados de bases intercambiables, cálculo de porcentaje de saturación de Bases intercambiables y cálculo de relaciones de Bases Intercambiables.....	143
<b>Anexo K.</b> Resultados Análisis de tejido vegetal en Plantas nuevas y antiguas y Resultados de abonos aplicados.....	144
<b>Anexo L.</b> Desmonte de Tratamientos. Pesos de plantas Antiguas y Nuevas.....	146
<b>Anexo M.</b> Resultados de densidad real y densidad aparente.....	148
<b>Anexo N.</b> Resultados Materia Orgánica.....	150
<b>Anexo O.</b> Propuesta de experimento "In Situ" .....	152
<b>Anexo P.</b> Referencias Fotográficas.....	153



## GLOSARIO

Para tener una mejor visión del proyecto, es necesario hacer una ilustración de algunos conceptos que se utilizan para el desarrollo de este trabajo, como son:

**ABSORCIÓN:** acción o efecto de recibir o aspirar materias externas a ellos, ya disueltas.

**ADSORCIÓN:** acción o efecto de atraer y retener en la superficie de un cuerpo moléculas o iones de otro cuerpo.

**ANÁLISIS FOLIAR:**(o análisis e tejido vegetal) es una técnica de diagnóstico de las necesidades nutritivas de las plantas.

**ANFOTERISMO:** tipo de intercambio catiónico que solo lo pueden hacer los hidróxidos de hierro y aluminio de generar cargas positivas y negativas, dependiendo del punto isoelectrónico.

**ALÓFANA:** arcilla amorfa que retiene fósforo.

**BASES INTERCAMBIABLES:** son aquellos metales alcalinos y alcalinotérreos adheridos a las arcillas y a la materia orgánica del suelo o que pueden estar en solución en el suelo y que pueden ser cambiados entre si o con otro ión cargado positivamente. Estas bases son: Calcio (Ca), Magnesio (Mg), sodio (Na) y Potasio (K).

**BIOFERTILIZANTE:** material de origen biológico, aplicado a los vegetales o al suelo para suministrarles nutrientes.

**EDÁFICO:** factores relacionados con el suelo y que tienen profunda influencia en la distribución de los seres vivos.

**ENDOPEDÓN:** horizonte interno (capa endurecida que anteriormente fue epipedon sino que por procesos de meteorización queda en la parte inferior del suelo).

**EPIPEDÓN:** horizontes más superficiales del suelo que le dan la característica general de un suelo.

**EROSIÓN:** desprendimiento y arrastre de partículas del suelo causadas por el viento, el agua o acciones antrópicas.

**ESTÉRICO:** relativo a la configuración espacial de un compuesto químico.

**INTERCAMBIO CATIONICO:** se define como la capacidad que tienen las arcillas de adsorber y desadsorber cationes que se encuentran disponibles en el suelo.

**ION:** átomo o grupo de átomos que ha perdido o ganado uno o más electrones y ha adquirido carga eléctrica positiva o negativa.

**METABOLISMO:** Suma de todas las reacciones químicas que ocurren en un organismo.

**MUESTREO COMPUESTO:** Es aquel que se realiza tomando aproximadamente de 8 a 10 submuestras de cada matero, con el objetivo lograr una muestra homogénea y representativa.

**NUTRIENTE:** elemento esencial en cierto ion o molécula que la planta absorbe y utiliza; por ejemplo, carbono, hidrógeno, nitrógeno y fósforo son elementos esenciales, mientras que dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos son los respectivos nutrientes.

**PUNTO ISOELÉCTRICO (PIE):** es aquel punto donde no hay generación de cargas. Está dado entre pH 5 a pH 6, hay neutralidad.

**RIEGO:** método artificial de humectación para los cultivos.

**SINERGISMO:** fenómeno en el que la acción conjunta de dos factores tiene un efecto mayor que el que indicaría la suma de los efectos separados.

**SUSTITUCION ISOMORFICA:** un catión reemplaza a otro de igual o similar tamaño pero electroquímicamente inferior, generándose en ese intercambio cargas negativas no satisfechas. Ocurre únicamente en las arcillas.

**TESTIGO:** planta que va a servir de punto de comparación con aquellas a las que les aplique tratamiento.

**TEXTURA DEL SUELO:** tamaño relativo de las partículas minerales que componen el suelo. Por lo regular se define en términos de contenido de arena, limo y arcilla.

## RESUMEN

En esta investigación se determinó la acción de E.M. (microorganismos eficientes) sobre la actividad de intercambio catiónico para la recuperación de un suelo de Mondoñedo. Para lograr esto, primero fue necesario instalar una unidad de invernadero experimental para mantener condiciones ambientales estables. Luego de la recolección, homogenización y tamizado de la muestra, se realizaron los análisis físicos y químicos iniciales. Para el montaje de las materas se obtuvieron plántulas de genotipo igual de *Acacia melanoxylon* (Acacia japonesa) provenientes del desierto de Zabinsky. Se trabajó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) con ocho tratamientos y tres repeticiones, de la siguiente manera: T1: Testigo, T2: E.M., T3: Compost + E.M., T4: Mulch +E.M., T5: Gallinaza + E.M., T6: Fertilización Química + E.M., T7: compost + mulch + gallinaza + E.M., T8: compost + mulch + gallinaza + fertilización química + E.M.

Para realizar el mantenimiento y seguimiento al comportamiento de las plantas, se determinó una frecuencia de riego de tres veces por semana. La aplicación del E.M. se hizo durante tres meses: el primer mes, se aplicó cuatro veces (una vez por semana), el segundo mes, se aplicó dos veces (una vez cada quince días) y el tercer mes se hizo una sola aplicación. Adicionalmente se hicieron análisis morfológicos cada 15 días, llevando un registro del conteo de hojas, ramas y diámetro del tallo.

Finalmente se tomaron muestras del suelo de cada materia y se llevaron al laboratorio para hacer los análisis correspondientes a CIC, bases intercambiables, saturación de bases y relaciones entre elementos. También se realizaron análisis de tejido vegetal, haciendo lecturas de los elementos en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Se realizó un análisis estadístico de pruebas de comparaciones múltiples y de varianza que determinaron diferencias significativas entre los tratamientos. De esta forma se encontró la mejor alternativa que pretende mejorar la calidad ambiental de los suelos erosionados como el del desierto de Zabinsky.

**Palabras claves:** Capacidad de intercambio catiónico, bases intercambiables, E.M., compost, mulch, gallinaza, fertilización química.

## ABSTRACT

In this investigation was determined the action of E.M. (effective microorganisms) on the cationic exchange activity for the recovery of a soil at Mondoñedo. To achieve this, it was necessary to install an experimental greenhouse unit to maintain stable the environmental conditions. After the compilation, homogenization and sifted of the sample, the initial chemical and physical analysis were accomplished. In order to make the assembly of the flowerpot there were obtained plants of similar characteristics to the *Acacia melanoxylon* (Acacia japonesa) wich come from the desert of Zabinsky. There were worked eight treatments with three repetitions, this way: T1: Witness, T2: E.M., T3: Compost + E.M., T4: Mulch + E.M., T5: gallinaza + E.M., T6: Chemistry Fertilization + E.M., T7: Compost + mulch + gallinaza + E.M., T8: compost + mulch + gallinaza + chemistry fertilization + E.M.

To do the maintenance and follow-up the behavior of the plants, it was used an irrigation frequency of three times by week. The application of the E.M. was made for three months: the first month, it was applied four times (once by week), the second month, it was applied two times (once each fifteen days) and the third month just one application. Additionally, there were made morphological analysis each 15 days, carrying a record of the count of leaves, branches and diameter of the stem.

Finally, there were taken samples of the soil of each flowerpot and were carried to the laboratory to make CIC analysis, interchangeable bases, saturation of the bases and relationships between the elements. Also there were accomplished vegetable tissue analysis, taking readings of the elements in the Espectrofotometer of Atomic Absorption.

It was made a statistical analysis with multiple comparison tests and variance, by this way, there were determined meaningful differences between the treatments. In this way, it was found the better alternative in order to improve the environmental quality of eroded soils like the desert of Zabinsky one.

**Key words:** Cationic exchange activity cationic, interchangeable bases, E.M., Compost, mulch, gallinaza and chemistry fertilization.

## INTRODUCCION

Una de las actividades económicas más importantes en nuestro país es la actividad agrícola, y actualmente se ha perdido un alto porcentaje de tierras fértiles ya sea a causa de procesos de naturaleza física o química que desgastan los suelos de la corteza terrestre, por la acción combinada de factores como el calor, el frío, los gases, el agua, el viento y la vida vegetal y animal, o como resultado de la acción antrópica que utiliza prácticas agrícolas poco cuidadosas como tala de árboles.

Teniendo en cuenta que gran parte de la superficie de la tierra y en especial del territorio colombiano está amenazada por este proceso, y para contrarrestar los efectos mencionados, se realizó una investigación que busca la recuperación de los suelos degradados, específicamente, en el desierto Zabinsky, ubicado en la localidad de Mondoñedo, municipio de Mosquera (Cundinamarca), con el bioestimulante E.M. (microorganismos eficientes); producto de fácil aplicación y que según estudios, permite mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de todo tipo de suelos.

Con el fin de evaluar la acción de E.M. sobre la Capacidad de Intercambio Catiónico y conocer qué otras prácticas combinadas con éste podrían utilizarse para la aceleración de la recuperación del suelo objeto de estudio, se aplicó el bioestimulante a plántulas de *Acacia melanoxylon* R. Brown (Acacia japonesa). Se dispusieron ocho tratamientos involucrando otros abonos orgánicos como son el compost, el mulch, la gallinaza y fertilización química mezclados con E.M., para finalmente determinar la mejor opción y dar solución al problema planteado.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL:**

Determinar la acción de E.M. sobre la actividad de intercambio catiónico en suelos degradados en el desierto de Zabinsky, municipio de Mosquera (Cundinamarca).

### **1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- ☒ Aplicar un método estadístico para medir la efectividad del bioestimulante usado.
- ☒ Medir la acción del bioestimulante en la Capacidad de Intercambio Catiónico bajo condiciones controladas.
- ☒ Comparar los tratamientos aplicados mediante análisis estadístico para elegir y recomendar el apropiado, como solución al problema planteado.

## **2. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1 ANTECEDENTES:**

El E.M. es una tecnología desarrollada en 1980 por el profesor Teruo Higa de la universidad del Ryukyus en Okinawa, Japón y quien además introdujo el término de Microorganismos Eficientes (E.M.). Estos microorganismos se utilizan como medio para mejorar las condiciones del suelo, suprimiendo enfermedades que inducen al deterioro del mismo y mejorando la eficacia de la utilización de la materia orgánica de las cosechas<sup>1</sup>.

E.M. es un cultivo mixto de microorganismos benéficos, no son exóticos ni modificados genéticamente; son todos obtenidos de ecosistemas naturales, seleccionados por sus efectos positivos y su compatibilidad en cultivos mixtos<sup>2</sup>.

Inicialmente, el E.M. fue utilizado como un acondicionador de suelos. En la actualidad, es usado no solo para producir alimentos de altísima calidad, libres de agroquímicos, sino también para el manejo de desechos sólidos y líquidos generados por la producción agropecuaria, la industria de procesamiento de alimentos, curtiembres, fábricas de papel y plantas de sacrificio, entre otros<sup>3</sup>.

### **2.2 LOCALIZACION:**

Aproximadamente en el kilómetro 14.7 de la vía Bogotá - Mosquera, aparece una desviación a la izquierda para Mondoñedo y Mosquera. Esta última población tomó el nombre gracias al triunfo de Tomás Cipriano de Mosquera, vencedor de la revolución de 1861.

El desierto Zabinsky se localiza a 4,5 kilómetros al sur de la población de Mosquera, en la Vereda Balsillas, sobre el costado norte de los Cerros de Usca específicamente en las inmediaciones del sitio conocido como la cantera Grodco - S.C.A.

Se encuentra a una altura de 2.590 metros sobre el nivel del mar. Su topografía corresponde a ladera y su temperatura promedio es de 14°C.

Coordenadas Geográficas: 4° 40' 9.34" Latitud norte 74° 15' 5.07" Longitud oeste.

---

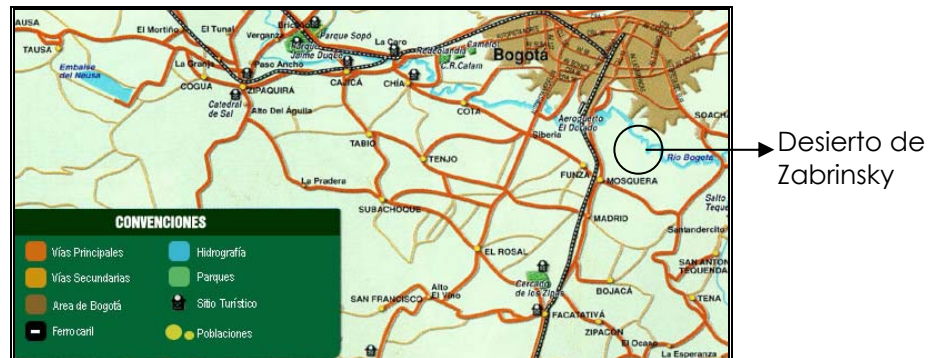
<sup>1</sup> APNAN. ASIA-PACIFIC NATURAL AGRICULTURE NETWORK. EM application manual for apnan countries. First Edition. 1995. Disponible en: <http://www.agriton.nl/apnanman.html>.

<sup>2</sup> UNIMINUTO. Microorganismos eficientes. 2005. [http://www.biodyne-srq.com/abusphi\\_esp.html](http://www.biodyne-srq.com/abusphi_esp.html).

<sup>3</sup> Ibid.,

Coordenadas Planas: 1007766.688 este 981082.748 norte<sup>4</sup>.

**Figura 1.** Ubicación municipio Mosquera Cundinamarca y Desierto de Zabrinksky.



**Fuente:** Gobernación de Cundinamarca, 2005

El suelo el desierto de Zabrinksky está clasificado como suelo clase VIII que corresponde a tierras que no sirven para agricultura ni ganadería y que deberían dejarse de reserva natural, para que surja vegetación espontánea de tal modo que conserve agua y aloje fauna silvestre.<sup>5</sup>

Por otra parte el suelo del desierto de Zabrinksky pertenece al orden taxonómico Alfisol, el cual tiene un epipedón mólico (por alta saturación de bases) sobre un endopedón argílico. El nombre científico asignado al suelo en estudio es *Typic Haplustalfs*, que significa que es un suelo con régimen de humedad Ustico (que implica sequedad) y con un mínimo de horizontes (orden: Hapl).<sup>6</sup>

**Figura 2.** Panorámica Desierto Zabrinksky.



**Fuente:** Las autoras, 2005

<sup>4</sup> Información obtenida de la oficina de prensa, Alcaldía municipio de Mosquera Cundinamarca.

<sup>5</sup> QUEVEDO, Carlos. MANUAL DE TECNICAS AGROPECUARIAS. Plan Nacional de Rehabilitación. Presidencia de la República. Tercera Edición. Editorial Canal Ramírez Antares.1989. 120p

<sup>6</sup> Clasificación del suelo Según la Soil Taxonomy. Clasificado por los autores.



### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 EL SUELO

**3.1.1 Definición de suelo.** El suelo es un producto natural, presente en la superficie terrestre, constituido por material mineral y orgánico disgregado. Es el medio de soporte para el crecimiento vegetal y, por tanto, la base de todos los ecosistemas terrestres. Es también el lugar en que se lleva a cabo la mineralización de la materia orgánica y al que retornan los productos minerales en los ciclos de nutrientes. Constituye el hábitat para muchos animales, el medio donde se sustentan los vegetales y el lugar de donde obtienen el agua y los nutrientes.<sup>7</sup>

**3.1.2 Formación del suelo.** El suelo es el resultado de la interacción de cinco factores: el material madre, el clima, los factores bióticos, la topografía y el tiempo. El material madre es el sustrato a partir del cual se desarrolla el suelo. El clima influye en la formación del suelo a través de la temperatura y la precipitación, así como sobre la vida animal y vegetal. Los factores bióticos - plantas, animales, bacterias y hongos- son el origen de la materia orgánica del suelo, y los que facilitan su mezcla con la materia mineral. La topografía afecta a la cantidad de agua que penetra en el suelo y a la tasa de erosión. El paso del tiempo es necesario para un desarrollo completo del suelo.<sup>8</sup>

El autor también cita que la formación del suelo se inicia con la meteorización de las rocas y los minerales, contribuyendo con el proceso de mineralización del mismo. En la meteorización física, la disgregación de las rocas se produce por la acción del agua, el viento, la temperatura y los vegetales. La meteorización química se debe a la acción de los organismos edáficos, los ácidos que éstos producen y el agua de lluvia, de forma que se lleva a cabo una disgregación de los minerales primarios.

Smith en su libro afirma que los seres vivos influyen notablemente en la formación del suelo. Las plantas enraizadas sobre el material en proceso de meteorización, lo fragmentan todavía más, absorben nutrientes desde las zonas profundas y añaden materia orgánica y nutrientes a la superficie. Los organismos del suelo actúan sobre la materia orgánica, con el resultado de la producción de humus. El humus es un material orgánico químicamente complejo, acelular y de color oscuro muy importante para el desarrollo de la estructura edáfica y la fertilidad del suelo.

---

<sup>7</sup> SMITH RL. & SMITH TM. Ecología. 2001. [online] Disponible en: <http://www.veterinaria.uchile.cl/profesor/agrez/guia%20por%20capitulos/guia%20por%20capitulos/suelo.PDF>.

<sup>8</sup> Ibid.,

El mismo autor sostiene que los suelos se constituyen en capas, llamadas horizontes. Usualmente se reconocen cinco tipos de horizontes aunque no siempre se presentan todos juntos en un mismo suelo: el horizonte O, o capa orgánica; el horizonte A, caracterizado por la acumulación de materia orgánica; el horizonte E, la zona de lixiviación de las arcillas y los materiales minerales; B, el horizonte en que se acumula la materia mineral, y C, la capa inferior, constituida por rocas. Estos horizontes pueden estar divididos en subhorizontes.

**3.1.3 Características Diferenciadoras.** En el libro de ecología del Dr. Smith, se define que tanto los suelos como sus horizontes difieren entre ellos en cuanto a textura, estructura y color. La textura viene determinada por las proporciones de partículas de tamaños diferentes: arena, limo y arcilla. La textura afecta de forma importante al movimiento y la retención de agua en el suelo. Las partículas del suelo, y especialmente el complejo arcilla-humus, influyen notablemente en la disponibilidad de nutrientes y la capacidad de intercambio catiónico del suelo (número de puntos cargados negativamente, presentes en las partículas del suelo que pueden atraer iones cargados positivamente). El porcentaje de saturación básica es la proporción de estos puntos que se encuentran ocupados por iones distintos del hidrógeno. Los suelos con una capacidad de intercambio catiónico elevada son potencialmente fértiles.

**3.1.4 La erosión del suelo.** Con respecto a este tema, el autor escribe que los suelos son continuamente eliminados por la erosión cuando la pérdida de superficie edáfica supera a su formación. Tanto en nuestro país como en el resto del mundo, la deforestación, las prácticas agrícolas inadecuadas, la construcción de espacios urbanos y carreteras, además de otras alteraciones del terreno, exponen el suelo a las fuerzas erosivas del agua y el viento, destruyendo los ecosistemas naturales y agrícolas, cargando de sedimentos los ríos, lagos, embalses y canales de navegación. La erosión del viento transporta partículas de suelo a grandes distancias en forma de nubes de polvo, y aumenta de ese modo la contaminación atmosférica. Cualquier forma de erosión del suelo empobrece regiones y países enteros, reduce la producción de alimentos y causa cuantiosas pérdidas económicas.

**3.1.5 Categorías del suelo.** <sup>9</sup> En el libro Manual de Técnicas Agropecuarias de Quevedo se muestra la siguiente clasificación agrológica:

- ❖ **Clase I** - Se caracterizan por ser planas o casi planas, profundas, de texturas francas, con alto contenido de materia orgánica, fértiles, de buen drenaje, sin acidez ni alcalinidad acentuadas.
- ❖ **Clase II** - Por lo general son de mediana profundidad, pendiente suave, buena textura, regular contenido de materia orgánica, grado de erosión moderada, acidez o alcalinidad fáciles de corregir.

---

<sup>9</sup> QUEVEDO, Carlos. MANUAL DE TECNICAS AGROPECUARIAS. Op., Cit

- ❖ **Clase III** - Se identifican por ser superficiales, de pendiente mediana, muy susceptibles a la erosión, escaso contenido de materia orgánica y baja capacidad para retener el agua.
- ❖ **Clase IV** - Son tierras muy superficiales, de pendiente fuerte, con erosión severa, baja cantidad de materia orgánica, textura gruesa, no retiene humedad.
- ❖ **Clase V** - Corresponden por lo general a tierras planas exentas de erosión, puede haber excesiva humedad.
- ❖ **Clase VI** - Son ordinariamente tierras superficiales, de pendiente fuerte, escasa fertilidad y erosión severa.
- ❖ **Clase VII** - Tierras muy superficiales, de pendientes acentuadas, baja fertilidad y afectadas por una grave erosión.
- ❖ **Clase VIII** - Tierras como pantanos, playones de arena, zonas de cárcavas sucesivas, áreas muy escarpadas, abruptas o rocosas, derrumbes y desiertos.

### 3.2 MICROORGANISMOS EFICIENTES

E.M., es una abreviación de Effective Microorganisms (microorganismos eficientes), que son un cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros.<sup>10</sup>

Cuando el E.M. es inoculado en el medio natural, el efecto individual de cada microorganismo es ampliamente magnificado por su acción en comunidad, es entonces, como la microflora llega a ser rica y los ecosistemas microbianos en el suelo llegan a ser bien equilibrados, donde los microorganismos específicos (especialmente microorganismos dañosos) no aumentan.<sup>11</sup>

Así, se suprimen las enfermedades llevadas al suelo. Las raíces de la planta secretan sustancias tales como carbohidratos, los ácidos amino y orgánicos y las enzimas activas. Los microorganismos eficientes utilizan estas secreciones para el crecimiento. Durante este proceso, también secretan y proporcionan ácidos amino y nucleicos, una variedad de vitaminas y las hormonas a las plantas. Las plantas crecen excepcionalmente bien en suelos que sean dominados por los microorganismos eficientes.<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> INTERNATIONAL NATURE FARMING RESEARCH CENTER. Beneficial and Effective Microorganisms. Atami, Japan 1994. [online] Disponible en: [www.agriton.nl/higa.html](http://www.agriton.nl/higa.html).

<sup>11</sup> Ibid

<sup>12</sup> APNAN Asia-Pacific natural agriculture network. EM Application Manual For Apnan Countries. First Edition. 1995. [online] Disponible en: <http://www.agriton.nl/apnanman.html>.

**3.2.1 Microorganismos benéficos que contiene E.M.** Los microorganismos reconocidos son:

**3.2.1.1 Bacterias ácido lácticas.** Estas bacterias producen el ácido láctico de los azúcares, y otros carbohidratos producidos por las bacterias y la levadura fotosintética. El ácido láctico es un esterilizador fuerte, pues suprime microorganismos dañosos y aumenta la descomposición rápida de la materia orgánica.<sup>13</sup>

**3.2.1.2 Levaduras.** Degradan proteínas complejas y carbohidratos. Producen sustancias bioactivas (vitaminas, hormonas, enzimas) que pueden estimular el crecimiento vegetal.<sup>14</sup>

**3.2.1.3 Bacterias Fotosintéticas.** Las bacterias fotosintéticas son microorganismos autosuficientes porque sintetizan sustancias útiles de la materia usando la luz del sol y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias útiles abarcan los aminoácidos, los ácidos nucleicos, las sustancias bioactivas y los azúcares, que promueven crecimiento vegetal y el desarrollo. Así el aumento de bacterias fotosintéticas en el suelo realza otros microorganismos eficientes.<sup>15</sup>

**3.2.1.4 Actinomicetos.** Producen sustancias que funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos biostáticos y biocida). Benefician el crecimiento y actividad del azotobacter y de las micorrizas. Los actinomicetos pueden coexistir con las bacterias fotosintéticas. Así, ambas especies realzan la calidad del ambiente del suelo, aumentando su actividad antimicrobiana.<sup>16</sup>

**3.2.1.5 Hongo de la fermentación.** Los hongos de la fermentación tales como *aspergillus* y *penicillium* descomponen la materia orgánica rápidamente para producir el alcohol, los ésteres y las sustancias antimicrobianas. Éstos suprimen olores y previenen la infestación de insectos y de gusanos dañosos.<sup>17</sup>

### **3.2.2 Aplicaciones de E.M.**

**3.2.2.1 Agricultura.** El EM, como inoculante microbiano, reestablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementa la producción de los cultivos y su protección, además conserva los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente más sostenible. Entre los efectos sobre el desarrollo de los cultivos se puede encontrar:

---

<sup>13</sup>BURÉS. Sustratos. Madrid. 1997. Disponible en: [http://www.proexant.org.ec/Abonos\\_Org%C3%A1nicos.html](http://www.proexant.org.ec/Abonos_Org%C3%A1nicos.html)

<sup>14</sup> Ibid

<sup>15</sup> Ibid

<sup>16</sup> Ibid

<sup>17</sup> Ibid

- En semilleros:
  - Aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal.
  - Aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como promotoras del crecimiento vegetal.
  - Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas.
- En las plantas:
  - Genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades.
  - Consume los residuos de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades.
  - Incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos.
  - Promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales.
  - Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar.
- En los suelos:
  - Efectos en las condiciones físicas del suelo: Acondicionador, mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego, tornando los suelos capaces de absorber 24 veces más las aguas lluvias, evitando la erosión, por el arrastre de las partículas.
  - Efectos en las condiciones químicas del suelo: Mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical.
  - Efectos en la microbiología del suelo: Suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo, por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.<sup>18</sup>

La producción agrícola comienza con el proceso de la fotosíntesis por las plantas verdes, que requiere energía solar, el agua, y el bióxido de carbono. Estos materiales están libremente disponibles. La mejor oportunidad para la producción de aumento de la biomasa es utilizar la luz visible, que los cloroplastos no pueden

---

<sup>18</sup>INTERNATIONAL NATURE FARMING RESEARCH CENTER. Beneficial and Effective Microorganisms. Atami, Japan 1994. Disponible en: [www.agriton.nl/higa.html](http://www.agriton.nl/higa.html).

utilizar actualmente, así como tampoco la radiación infrarroja, indispensable para el desarrollo foliar.<sup>19</sup>

En presencia de la materia orgánica, las bacterias y las algas fotosintéticas pueden utilizar las longitudes de onda que se extienden de 700 a 1200 nm. Las plantas verdes no utilizan estas longitudes de onda. Los microorganismos de la fermentación conservan también la materia orgánica lanzando compuestos tales como aminoácidos para el uso de la planta. Esto aumenta la eficacia de la materia orgánica para la producción vegetal que es un factor dominante para la producción vegetal, es así como la disponibilidad de la materia orgánica ha sido desarrollada utilizando energía solar y la presencia de microorganismos eficientes para descomponer estos materiales. Esto aumenta la eficacia de la utilización de la energía solar.<sup>20</sup>

**3.2.2.2 Producción Animal.** El doctor Higa ha encontrado que la tecnología del E.M. se puede utilizar en la cría de animales, manejo de excretas e instalaciones, incrementando las variables productivas y maximizando la eficiencia de los sistemas.

**3.2.2.3 Medio Ambiente.** Se utiliza en manejo de desechos orgánicos sólidos, en tratamiento de aguas servidas y en tratamiento de aguas para consumo humano.<sup>21</sup>

**3.2.3 Características del E.M.** El E.M. original es líquido, de color amarillo-marrón con un olor agradable y un gusto dulce-amargo. El pH del E.M. debe estar debajo de 3.5. Si tiene un mal olor o el pH es más de 4.0, el E.M. se ha deteriorado. No debe ser utilizado.<sup>22</sup>

Para lograr los mejores efectos de los microorganismos eficientes se debe tener en cuenta:

- El E.M. es totalmente diferente de los fertilizantes químicos. No trabaja cuando está aplicado en el mismo método que los fertilizantes químicos.
- Utilizar agua de buena calidad para diluir el E.M. y regar cosechas.
- Almacenar la solución diluida en un plazo de 3 días.
- Almacenar el E.M. hasta 6 meses en un envase cerrado, en un lugar fresco y oscuro, (no almacenar en refrigerador).
- Compruebe el olor. El E.M. tiene siempre un olor dulce - amargo.

---

<sup>19</sup> ABONOS ORGANICOS (s.f). Recuperado el 20 de Septiembre de 2005, de [http://www.proexant.org.ec/Abonos\\_Org%C3%A1nicos.html](http://www.proexant.org.ec/Abonos_Org%C3%A1nicos.html)

<sup>20</sup> ibid

<sup>21</sup> ibid

<sup>22</sup> APNAN. ASIA-PACIFIC NATURAL AGRICULTURE NETWORK. Op.Cit.

- Después de que el envase se abre, y el aire entra al envase, una membrana blanca se puede observar en la superficie de E.M. esta es levadura y no causa ningún problema.<sup>23</sup>

### 3.3 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (C.I.C.)

APNAN, ASIA-PACIFIC NATURAL AGRICULTURE NETWORK, define la capacidad de intercambio catiónico como el número total de cationes que un suelo puede retener. Mientras más alta sea la CIC, de un suelo, mayor será la cantidad de cationes que pueda retener.

En el estudio de APNAN, se describe que la CIC depende de las cantidades, clases de arcilla y materia orgánica presentes. Por ejemplo, un suelo con alto contenido de arcilla retiene más cationes intercambiables que un suelo con bajo contenido de arcillas, así mismo, la CIC aumenta a medida que aumenta la materia orgánica. Los suelos arcillosos con CIC elevada pueden retener grandes cantidades de cationes, impidiendo la posibilidad de pérdidas por lixiviación. Los suelos arenosos con bajos niveles de CIC, retienen cationes sólo en pequeñas cantidades.

Algunas partículas del suelo tienen la posibilidad de adsorber iones en su superficie que pueden intercambiar con la solución del suelo. Existe un equilibrio entre la concentración de iones en la solución y los retenidos por la fase sólida. Este equilibrio es muy complejo y depende de la naturaleza del ión, del tipo de adsorbente y de la reacción de la solución, principalmente.<sup>24</sup>

Esta característica está ligada a los coloides del suelo representados por la arcilla, las moléculas húmicas y los oxihidróxidos de hierro y aluminio, pueden poseerla en menor grado las partículas de limo y de arena muy fina. Al conjunto de constituyentes implicados en este proceso se le conoce como "*complejo adsorbente*" o "*complejo de cambio*".<sup>25</sup>

A la magnitud de esta propiedad se la conoce como "*capacidad de intercambio iónico*", y como la mayor parte de los iones retenidos son cationes, dada la electronegatividad de los principales componentes, se habla frecuentemente de "*capacidad de intercambio catiónico*" y se expresa en miliequivalentes por cien gramos de suelo (meq/100g de suelo) seco a 105 °C.<sup>26</sup>

Las partículas de arcilla y las moléculas orgánicas presentan una carga residual negativa sobre su superficie por lo que son intercambiadores catiónicos

---

<sup>23</sup> APNAN, Op.Cit.,

<sup>24</sup> Recuperado el 20 de Septiembre de 2005, de <http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL5PFQInterlon.htm>

<sup>25</sup> Ibid,

<sup>26</sup> Ibid,

preferentemente, mientras que los oxihidróxidos de hierro y aluminio están cargados positivamente y son intercambiadores aniónico de modo prioritario.<sup>27</sup>

Alrededor de cada partícula coloidal se sitúan los iones, colocándose en la primera capa los de signo contrario a la partícula, que al estar más cerca se encuentran retenidos con más fuerza. Estos pueden intercambiarse con los de las capas vecinas y en último lugar con los de la solución que están libres. De este modo, la probabilidad de que un tipo de ión este adsorbido es fruto de su concentración en la solución, cuanto mayor es ésta, mayor es la tendencia a la adsorción, y a medida que va disminuyendo su concentración en la solución va siendo liberado del complejo adsorbente y sustituido por otro cuya concentración sea superior. No obstante el tamaño de los iones y su carga les hace más o menos susceptibles de ser retenidos.<sup>28</sup>

El origen de las cargas de las partículas coloidales es diverso. En el caso de la arcilla existen unas cargas procedentes de las sustituciones que ocurren en su estructura, que si bien están compensadas por los cationes de las intercapas, esta compensación no siempre es perfecta dada la lejanía con que en muchas ocasiones se producen los defectos reticulares del cristal. Esto hace que los iones puedan quedar muy lejos de la carga que los atrae y la fuerza de unión de los mismos sea tan pequeña que gocen de una gran movilidad. Si en ese continuo oscilar se apartan demasiado de la fuente de atracción, su lugar puede ser fácilmente ocupado por otro que se encuentre más cerca. Estas cargas dependen de las sustituciones producidas en la red cristalina y tienen siempre un valor constante y negativo, por ello a este tipo de cargas se las conoce como "*cargas fijas*". En los compuestos orgánicos estas cargas proceden de los grupos carboxílicos.<sup>29</sup>

En el texto también menciona que hay minerales arcillosos en los que no existen sustituciones en su estructura, como sucede con la caolinita, y cuando se pone este mineral en una solución de una sal, tras un determinado tiempo se produce una disminución en la concentración catiónica de la solución, señal de que se ha producido una adsorción por parte del mineral de los cationes que faltan en la solución. Este hecho solo puede explicarse por los desequilibrios creados en el borde del mineral en el que se rompe el equilibrio teórico, ya que éste solo es tal cuando las capas se consideran indefinidas.

En el borde de las capas tetraédricas pueden quedar expuestos los átomos de silicio que tendrían una carga positiva sin satisfacer, o los de oxígeno a los que quedaría una carga negativa.

---

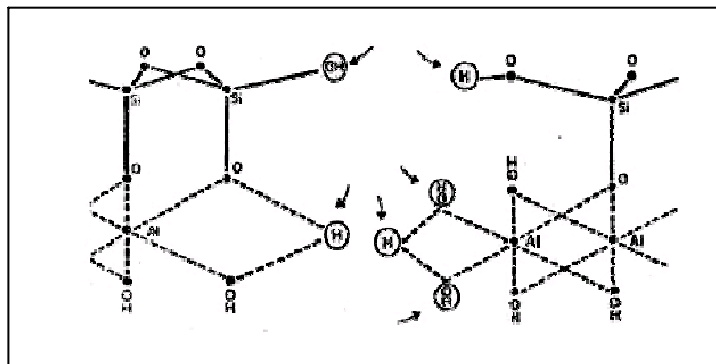
<sup>27</sup> Ibid,

<sup>28</sup> APNAN , Op.Cit.,

<sup>29</sup> ibid



**Figura 3.** Estructura tetraédrica de una partícula de arcilla.



Fuente: APNAN. ASIA-PACIFIC NATURAL AGRICULTURE NETWORK.

APNAN explica que en las capas octaédricas podrían quedar los aluminios con media carga positiva, o los oxígenos o los OH con media carga negativa. En contacto con la solución del suelo en la que, como mínimo tenemos oxhidrilos e hidrogeniones procedentes del agua, son ellos los que satisfacen los defectos de carga creados y como quiera que esos defectos siempre vienen en parejas, pues a un borde siempre le corresponde otro, la neutralidad queda asegurada.

**3.3.1 Relación de pH con la Capacidad de Intercambio Catiónico.** Cuando la partícula de arcilla se encuentra en un medio ácido tiende a ceder parte de sus oxhidrilos para neutralizar y su lugar es ocupado por el anión responsable de la acidez, mientras que en un medio alcalino, cede sus protones a cambio de la base correspondiente. Solo en los medios neutros permanecerá inactiva, pero en esas circunstancias se encontrará floculada.<sup>30</sup>

La acidez o alcalinidad desde el punto de vista de un coloide no coincide con el concepto absoluto atribuido a las mismas sino a su propio concepto, que corresponde con su punto isoelectrico o valor de pH al que el coloide flocula. Así la referencia de acidez o basicidad se ha de referir al punto isoelectrico de cada mineral cuando se encuentra en forma coloidal. Este valor depende de la especie y se sitúa entre 5 y 6 para la mayoría de ellos. Para valores más ácidos la arcilla se comporta como intercambiadora de aniones y para valores más básicos lo hace de cationes, razón por la cual a estas cargas se las conoce como "*cargas variables*", en contraposición con las fijas a que antes se mencionaron.<sup>31</sup>

La materia orgánica se comporta de una forma semejante a los bordes de la arcilla por los hidroxilos presentes tanto en sus cadenas laterales como en las zonas externas del núcleo. Como quiera que el número de hidroxilos de la materia orgánica es mucho mayor que los efectos de borde de la arcilla, la importancia de las cargas variables en las sustancias húmicas es mayor que en la arcilla. Algo

<sup>30</sup> APNAN, Op.Cit.,

<sup>31</sup> Ibid.

similar sucede en los minerales de baja cristalinidad, como ocurre con las alofanas derivadas de las cenizas volcánicas preferentemente, en que existe una gran accesibilidad a las zonas internas de su estructura; en este caso la totalidad de sus cargas son variables.<sup>32</sup>

El importante número de cargas variables de la materia orgánica se pone de manifiesto cuando se determina su capacidad de intercambio catiónico a diversos valores de pH, no solo se produce un notable incremento con el ascenso de pH, sino que para valores de pH cercanos a uno su capacidad se anula. En el caso de la arcilla solo se produce un ligero incremento y la ordenada en el origen de la recta de regresión que relaciona la CIC con el pH, presenta un valor de CIC muy cercano al máximo encontrado.<sup>33</sup>

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, clasifica los valores de pH para suelos de la siguiente manera:

**Tabla 1.** Valores de pH para suelos según el IGAC.

VALOR PH	APRECIACION
<4.5	Extremadamente ácido
4.6 – 5.0	Muy fuertemente ácido
5.1 – 5.5	Fuertemente ácido
5.6 – 6.0	Medianamente ácido
6.1 -6.5	Ligeramente ácido
6.5 – 7.3	Neutro
7.4 – 7.8	Ligeramente alcalino
7.9 – 8.4	Medianamente alcalino
8.5 -9.0	Fuertemente alcalino
> 9.0	Extremadamente alcalino

Fuente.: IGAC, Laboratorio de suelos. 2000.

El Instituto Colombiano Agropecuario ICA, en su libro “Fertilización en diversos cultivos”, presenta su valoración para pH y sus efectos en el suelo.

**Tabla 2.** Valores de pH y sus efectos en el suelo.

VALOR PH	EFFECTOS EN EL SUELO
> 5.5	Fuerte a extremadamente ácido. Posible toxicidad del aluminio y el manganeso. Posibles deficiencias de fósforo, calcio, magnesio, nitrógeno y molibdeno. Es necesario encalar para la mayoría de los cultivos.
5.5 – 5.9	Moderadamente ácido. Baja solubilidad del fósforo y regular disponibilidad de calcio y magnesio. Algunos cultivos como leguminosas requieren encalamiento.
6.0 - 6.5	Ligeramente ácido. Condición adecuada para el crecimiento de la mayoría de los cultivos.

<sup>32</sup> Ibid.

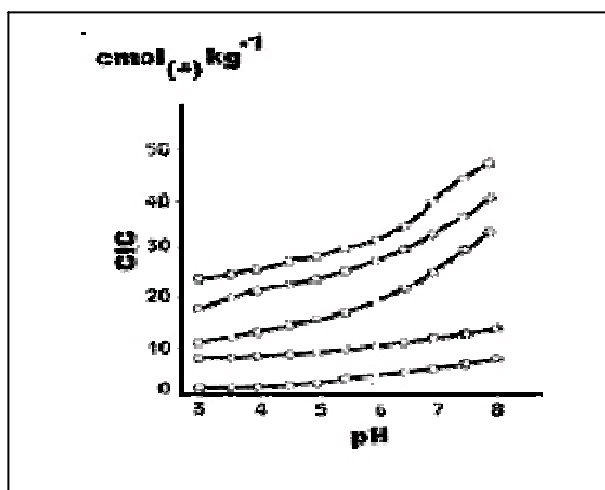
<sup>33</sup> Ibid.

VALOR PH	EFFECTOS EN EL SUELO
6.6 – 7.3	Casi neutro o neutro. Buena disponibilidad de calcio y magnesio; moderada disponibilidad de fósforo y baja disponibilidad de micronutrientes a excepción del molibdeno.
7.4 – 8.0	Alcalino. Posible exceso de calcio, magnesio y carbonatos. Baja solubilidad de fósforo y de micronutrientes a excepción del molibdeno. Se inhibe el crecimiento de varios cultivos. Es necesario tratar el suelo con enmiendas (yeso).
> 8.0	Muy alcalino. Posible exceso de sodio intercambiable. Se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos. Es necesario tratar el suelo con enmiendas.

Fuente: ICA, Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. 1992 p.19.

Por la estrecha relación que existe entre el pH y la CIC en los diferentes horizontes del suelo, APNAN establece unas curvas semejantes a las que se muestran en la figura 4.

Figura 4. Valores de CIC Vs. Valores de pH.



Fuente: APNAN. ASIA-PACIFIC NATURAL AGRICULTURE NETWORK.

En los horizontes superiores se producen notables ascensos cuando el pH supera valores cercanos a 6, mientras que en los inferiores la curva muestra una forma prácticamente horizontal. Los primeros horizontes están sometidos a un fuerte influjo de la materia orgánica mientras que los horizontes inferiores son eminentemente minerales.

Las cargas variables son las responsables de la retención de aniones tanto en la arcilla como en las sustancias húmicas. Los aniones, por su mayor tamaño, tienen una movilidad menor que los cationes, lo que resulta de especial importancia en el caso del fosfato, que acrecienta el efecto por el hecho de su escasa solubilidad, de modo que en este caso cabe más hablar de fijación que de intercambio. Los suelos ácidos y ricos en materia orgánica pueden retener tal

cantidad de fosfato que provoquen carencias en la vegetación, aun con concentraciones elevadas de fosfato total.<sup>34</sup>

En un principio podría calcularse el valor de la CIC en función del contenido y calidad de la arcilla y de la materia orgánica, si bien el valor medido es siempre inferior al calculado, la razón de esta discrepancia está en la formación de complejos arcillo húmicos, que al requerir un ligando catiónico elimina algunas posiciones de cambio, aunque más importante es el efecto estérico, pues las moléculas orgánicas situadas alrededor de la arcilla impiden la accesibilidad a posibles posiciones de cambio de ambas.<sup>35</sup>

Dada la importancia de esta característica del suelo en lo referente a la nutrición vegetal, es conveniente establecer los niveles mínimos necesarios para asegurar la corrección de ésta. Mas no solo interesa su valor total sino el tipo de bases que saturan esas posiciones de cambio, que deben presentar un equilibrio adecuado para satisfacer las necesidades de las plantas y la correcta estructura del suelo, que viene influida por la presencia de determinados cationes, sobre todo el calcio por su carácter floculante y el sodio por su efecto contrario.<sup>36</sup>

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, un suelo con un valor de CIC superior a 20 meq/100g asegura una buena retención catiónica, aunque valores entre 10 y 20 meq/100g resultan aceptables. Los valores inferiores a 10 meq/100g son insuficientes y el lavado de bases procedentes de la alteración será muy alto.<sup>37</sup>

**Tabla 3.** Estimativo general de la C.I.C. en los suelos.

INTERPRETACIÓN	C.I.C (miliequivalentes / 100 gr)
Bajo	<10
Medio	10-20
Alto	>20

**Fuente:** IGAC, Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso. 1995.

### 3.4 BASES INTERCAMBIABLES

Las bases más frecuentes en el complejo de cambio son Sodio (Na), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg). En ínfimas concentraciones pueden aparecer otros

---

<sup>34</sup> APNAN , Op.Cit.,

<sup>35</sup> ibid

<sup>36</sup> EDAFOLOGIA. (s.f). Recuperado el 23 de Septiembre de 2005, de <http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL5PFQInterlon.htm>

<sup>37</sup> IGAC, Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso. 1995.

minoritarios como el amonio, por su importancia en la nutrición vegetal. En suelos ácidos puede aparecer como componente, incluso mayoritario, el aluminio en cualquiera de sus formas de hidratación. Los hidrogeniones son los encargados de ocupar las posiciones que quedan libres por ausencia de bases, de ahí que exista una gran relación entre el valor del pH y el "*grado de saturación*", entendiendo por tal al porcentaje de la C.I.C. que está ocupado por las bases mayoritarias ya citadas.<sup>38</sup>

**3.4.1 Calcio (Ca).** Graetz presenta en su libro el calcio como un elemento alcalino que promueve de cierta manera la descomposición de la materia orgánica y la liberación de nutrientes mejorando la estructura del suelo y retención del agua. Por el contrario un exceso de este puede provocar una deficiencia de Potasio, Fosfatos, Magnesio, Zinc y Hierro.<sup>39</sup>

Se toma el Ca, como la base más abundante y cuando su presencia supera los 6 meq/100g mejora notablemente las funciones del suelo. Se considera también un contenido de 3 a 6 meq/100g como aceptable y cuando su valor está por debajo de los 3 meq/100g, se presentan las deficiencias mencionadas por el autor.

El Ca es un elemento imprescindible en todos los periodos de la vida de las plantas. Forma la membrana celular, y tanto en el organismo como en el suelo balancea el aprovechamiento de otros elementos. Cuando su cantidad es deficiente, las raíces se quedan cortas, el color de las hojas se torna verde pálido y hay muerte de las puntas terminales de crecimiento.<sup>40</sup>

**3.4.2 Magnesio (Mg).** La base que sigue en abundancia es el Mg, cuyo contenido óptimo estaría por encima de 2.5 meq/100g, y se considera un valor tolerante 1.5 a .2.5 meq/100g. El valor crítico se sitúa por debajo de 1.5 meq/100g. En el libro "Suelos y fertilizantes" del ICA, se menciona que el Mg, regula la absorción de otros elementos nutritivos y al igual que el Nitrógeno es parcialmente soluble al agua y por esto susceptible a la lixiviación<sup>41</sup>

El Mg forma parte esencial de la clorofila, es necesario para la formación de azúcares, aceites y grasas, y regula el aprovechamiento de otros elementos nutritivos cuando se halla en el suelo en cantidades satisfactorias, las hojas se amarillan por en medio de las nervaduras; en algunos casos ocurre una defoliación prematura y muchos frutos caen antes de la madurez.<sup>42</sup>

**3.4.3 Sodio (Na).** El sodio no tiene un papel claro en la nutrición vegetal y por ello no resulta imprescindible. Según el libro "Fertilización en diversos cultivos" del

---

<sup>38</sup> GRAETZ H.A. Manuales para educación agropecuaria: suelos y fertilización. México: Trillaz, 1982. p. 28.

<sup>39</sup> Ibid

<sup>40</sup> MANUAL DE TÉCNICAS AGROPECUARIAS. Op., Cit. p31.

<sup>41</sup> INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, Suelos y fertilizantes. Bogotá: ICA, 1979. p. 39.

<sup>42</sup> MANUAL DE TÉCNICAS AGROPECUARIAS. Op., Cit. p31.

ICA, su valor debe ser menor a 1 meq/100g<sup>43</sup>. El contenido de Na “en los suelos normales es más o menos igual que el del K. En algunos casos, el porcentaje de saturación por Na sube al 10%, proporción que no tiene efectos deprimentes en el desarrollo de las plantas, ya que un límite del 15% de saturación sódica es el que se considera como fisiológicamente perjudicial para algunas especies”<sup>44</sup>.

**3.4.4 Potasio (K).** Por último tenemos al potasio, cuyo contenido óptimo es cuando supera el valor de 0.4 meq/100g. Resultan aceptables los valores entre 0.2 y 0.4 meq/100g y nunca debería ser inferior a 0.2 meq/100g.<sup>45</sup>

El Potasio interviene en la formación de almidones y azúcares, desarrollo general de las plantas y rendimientos de las cosechas. Su deficiencia en el suelo se manifiesta por amarillamientos de los bordes de las hojas, que después se convierten en secamientos marginales.<sup>46</sup>

**3.4.5 Saturación de bases.** Es la suma de cada una de las bases descritas anteriormente, sobre la CIC. Su apreciación es baja cuando se encuentra menor a 35%, medio entre 35-50 y alto cuando su porcentaje es mayor a 50% según lo explica la siguiente tabla con valores propuestos por el ICA, para cada elemento.

**Tabla 4.** Interpretación de las bases cambiables y estimativo Porcentual de Saturación de Bases de Cambio.

Elemento	Bases Cambiables (meq/100g)		
	Bajo	Medio	Alto
Calcio	<3	3 - 6	>6
Magnesio	<1.5	1.5 - 2.5	>2.5
Sodio	Debe ser menor de 1		
Potasio	<0.2	0.2 – 0.4	>0.4
Elemento	% de Saturación de Bases		
	Bajo	Medio	Alto
Calcio	<30	30 - 50	>50
Magnesio	<15	15 - 25	>25
Sodio	Debe ser menor de 15%		
Potasio	<2	2 - 3	>3

Fuente: ICA, Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación, 1992.

## 3.5 ACACIA JAPONESA

Nombre común: Acacia japonesa.

Nombre Científico: *Acacia melanoxylon* R. Browm.

Familia: *Fabaceae* (*Leguminosae*).

<sup>43</sup> ICA. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. 1992. p.21.

<sup>44</sup> LEÓN COTE, Gonzalo y CEPEDA REY, Jaime. El análisis de suelos y su interpretación. Santander: Secretaría de Agricultura y Ganadería de Santander. p. 15.

<sup>45</sup> GRAETZ, H.A. Op., cit. p. 30

<sup>46</sup> MANUAL DE TÉCNICAS AGROPECUARIAS. Op Cit. p30.

Altura Sobre Nivel del Mar: 1500 a 3000 metros.

Usos: Maderable, Ornamental, Recuperación, Control de erosión, leña y rompevientos.

Pertenece a Clima medio y/o frío. Es originaria de Australia y tiene una Longevidad hasta de 70 años.<sup>47</sup>

La *Acacia melanoxylon* R. Brown (Acacia japonesa) es un árbol con follaje verde blaucuzco, hojas alternas de borde entero y nervación paralela, flores redondas de color crema agrupadas, frutos en legumbre pardusca enroscada. Y se estima que crece un metro por año, alcanzando alturas de 10 a 15 metros<sup>48</sup>

**Figura 5.** Acacia japonesa, (*Acacia melanoxylon* R. Brown)



Fuente: <http://www.arbolesornamentales.com>

En Bogotá, actualmente se arborizan avenidas importantes como la calle 45, en la zona aledaña a la Porciúncula y dentro de la Universidad Nacional.<sup>49</sup>

En la zona de de estudio, la empresa COLCERAMICA S.A., tiene ocupación de unos linderos aledaños al desierto de Zabinsky como lugar de disposición final de sus residuos (retal de material de enchapes de cerámica), y en compensación llevan a cabo la reforestación de un sector con esta especie.

**3.5.1 Etimología.** *Sophora*, proviene de su nombre árabe. *Japonica* alude al Japón, lugar donde se encontró por vez primera y donde su cultivo es abundante.

<sup>50</sup>

### **3.5.2 Descripción.**

- Raíces superficiales con tendencia a producir hijuelos a cierta distancia del tronco. De carácter rústico, aunque prefiere suelos profundos y algo húmedos. Resiste temperaturas mínimas de 8° a 10°C.

---

<sup>47</sup> Acacia Japonesa, (s.f). recuperado el 22 de septiembre de 2005 de <http://www.ceba.com.co>

<sup>48</sup> Acacia Japonesa, (s.f). Recuperado el 22 de septiembre de 2005 de <http://www.ceba.com.co/semillascolombianas.htm>

<sup>49</sup> ÁRBOLES, (s.f). recuperado el 22 de septiembre de 2005 de <http://www.banrep.gov.co/blaavirtual/letra-a/arboles/comp3.htm>

<sup>50</sup> SEMILLAS COLOMBIANAS, (s.f). recuperado el 22 de septiembre de 2005 de <http://www.ceba.com.co/semillascolombianas.htm>

- Árbol caducifolio con la copa ancha y el tronco recto, con la corteza rugosa, fisurada y oscura. Árbol de rápido crecimiento y copa globosa.
- Follaje perenne, muy denso de color verde oscuro, formado de hojas bipinadas en estado juvenil y hojas lanceoladas en estado adulto, con longitud de 15-20 cm.
- Flores dispuestas en anchas panículas terminales. Son de color crema, pequeñas, muy visitadas por las abejas. Florece en verano, entre Julio y Agosto.
- Fruto en legumbre carnosa con estrangulaciones entre las semillas. Mide unos 5-8 cm de longitud y permanece bastante tiempo en el árbol.

**3.5.3 Cultivo y usos.** Se multiplica por semillas, que deben ser puestas en remojo para ablandar las cubiertas. Especie bastante rústica y de buena sombra que soporta bien el frío y el calor. Admite diversos tipos de suelos y tolera las podas fuertes. Se cultiva como árbol de alineación y en jardines. Existe una variedad péndula muy ornamental, de menor porte y con el ramaje arqueado y colgante. Se obtiene por injerto.<sup>51</sup>

## 3.6 ABONOS

**3.6.1 Abonos orgánicos.** Los abonos orgánicos ejercen efecto multilateral sobre las propiedades agronómicas de los suelos y, en caso de adecuada utilización, elevan de manera importante la cosecha de los cultivos agrícolas. Los abonos orgánicos confieren a los suelos el aumento en humus de los mismos, adquiriendo éstos propiedades muy beneficiosas, tales como la mayor absorción de radiación, mejoras en la estructura del suelo, el incremento de la actividad microbiológica y el aporte de nutrientes.<sup>52</sup>

Yagodín afirma que este último punto es de vital trascendencia para el proceso de compostaje ya que éste resulta ser una estabilización de la materia orgánica a través de la humificación de la misma. Compost maduros serán aquellos que tengan mayor contenido en humus, mientras que los inmaduros estarán menos humificados.

Los fertilizantes orgánicos no son sólo fuente de alimentación nutricional para las plantas, sino que también lo son de anhídrido carbónico. En la descomposición de estos abonos se desprende mucho gas carbónico que satura el aire del suelo y como resultado mejora la nutrición aérea de las plantas, necesaria para la obtención de buenas cosechas.<sup>53</sup>

El abono orgánico es también material energético y fuente nutritiva para los microorganismos del suelo. Además, tales fertilizantes son de por sí muy ricos en

---

<sup>51</sup> B. A. YAGODÍN. Agroquímica tomo I y tomo II. Moscú. URSS.1986. Disponible en: [http://www.ctv.es/clean\\_world\\_hispania/CompoStar.htm](http://www.ctv.es/clean_world_hispania/CompoStar.htm).

<sup>52</sup> ibid

<sup>53</sup> ibid



microflora, y junto con ellos entran al suelo gran cantidad de microorganismos. Debido a esto se intensifican en el suelo la actividad de las bacterias fijadoras de nitrógeno, de los amonificadores, nitrificadores y otros grupos de microorganismos.

<sup>54</sup>

**3.6.1.1 Compost.** Es un método que mejora la capacidad de almacenamiento del agua del suelo. Contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que aumenta la solubilización de los nutrientes haciendo que puedan ser inmediatamente asimilables por las raíces. Por otra parte, impide que estos sean lavados por el agua de riego, manteniéndolos por más tiempo en el suelo.<sup>55</sup>

Algunas materias primas que pueden ser utilizadas en la fabricación de compost son:

- Desechos orgánicos domésticos o de jardín (cáscaras, hojas, pasto, papel, etc.)
- Ramas, hojas y corteza de árboles provenientes de áreas verdes
- Desechos orgánicos de cultivos o agroindustria (paja, cáscaras, rastrojos, etc.)
- Aserrín, viruta, corteza provenientes de la industria forestal
- Estiércol y urea del ganado

El compostaje es un proceso biológico termofílico en donde la materia orgánica es descompuesta por una gran cantidad de microorganismos: bacterias, hongos, protozoos, ácaros, miriápodos, entre otros, digiriendo los compuestos orgánicos transformándolos en otros más simples.<sup>56</sup>

En este mismo artículo se menciona que las condiciones óptimas para la actividad microbiana son entonces, pila de compostaje de tamaño no inferior a 2 m<sup>3</sup> de material, con partículas de entre 10 y 50 mm, con una humedad de 50 a 60%, pH cercano a neutro, temperatura de la pila de 55 a 75 °C, manteniendo una buena aireación, y una relación C/N cercana a 25:1, y en lo posible una temperatura ambiente de 25°C. Los carbohidratos son los primeros compuestos que se degradan obteniéndose como resultado ácidos orgánicos, que provocan una disminución del pH y un aumento de la temperatura a 30-35°C. Posteriormente cuando se llega a 50°C, se inicia la digestión de las proteínas, elevando el pH al liberar iones amonio. La temperatura máxima alcanzada por el proceso es de alrededor de 70°C, con lo que los microorganismos mueren.<sup>57</sup>

Al final del proceso se obtiene un sustrato estable, inerte y con características de aireación y retención de agua que lo hacen un sustrato de alta calidad. El

---

<sup>54</sup> ibid

<sup>55</sup> COMPOST. (s.f). recuperado el 14 de septiembre de 2005 de. [http://www.ctv.es/clean\\_world\\_hispania/CompoStar.htm](http://www.ctv.es/clean_world_hispania/CompoStar.htm)

<sup>56</sup> FAO. Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 1991 177 p. Disponible en: [http://www.uchile.cl/facultades/cs\\_forestales/publicaciones/cesaf/n1](http://www.uchile.cl/facultades/cs_forestales/publicaciones/cesaf/n1)

<sup>57</sup> ibid

compost final está formado por las partes más resistentes del material original, productos del proceso de descomposición, microorganismos muertos y algunos vivos, junto a productos de reacciones posteriores entre estos materiales. La cantidad de nutrientes dependerá de los materiales con los que se fabricó.<sup>58</sup>

El compost puede ser utilizado directamente como sustrato o bien como acondicionador del suelo, mejorando las condiciones químicas y biológicas de éste, incorporando materia orgánica, como fuente de nutrientes y humedad. Los componentes orgánicos favorecen la retención de agua y la capacidad de intercambio catiónico, debido a que poseen una gran proporción de microporos capaces de retener los nutrientes, previniendo su lixiviación y actuando como buffer ante cambios repentinos de salinidad.<sup>59</sup>

**3.6.1.2 "Mulch".** El "Mulch" es una cobertura vegetal compuesta por residuos vegetales provenientes de desyerbas, podas, realces, zoqueos y desperdicios de cosecha que se esparce sobre el suelo, con el fin de formar una cubierta protectora contra la erosión.<sup>60</sup>

Disminuye la evaporación del agua, mantiene la humedad por más tiempo y también sirve como controlador de malezas, cubriendo total o parcialmente el suelo. En zonas de riesgo de heladas el mulch constituye una práctica muy útil para atenuar el efecto de las bajas temperaturas.<sup>61</sup>

En zonas secas, un mulch orgánico es poco útil en su misión de retención de agua, y puede llegar a ser incluso peligroso en presencia de fuego. Otra opción es aplicar una cubierta orgánica de poco espesor, de forma que se degrade en su totalidad durante el ciclo vegetativo.<sup>62</sup>

**3.6.1.3 Gallinaza.** Se define como el desecho del proceso digestivo de las aves de corral, que da como resultado un abono con alto contenido de nitrógeno y nutrientes claves para el desarrollo de las plantas. Se dice que durante generaciones ha sido el abono orgánico mas utilizado en huertos y jardines por sus múltiples aplicaciones y maravillosos resultados. El grupo de investigación de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, en uno de sus boletines informativos indica que la gallinaza se puede preparar de dos maneras:

---

<sup>58</sup> ibid

<sup>59</sup> FAO. LANDIS, T.D.; TINUS, R.W.; McDONALD, S.E. y BARNETT, J.P. The container tree nursery manual, Volume 2. Agric. Handbk. 674. Washington DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 1990. 87 p. Disponible en: [http://www.uchile.cl/facultades/cs\\_forestales/publicaciones/cesaf/n1](http://www.uchile.cl/facultades/cs_forestales/publicaciones/cesaf/n1)

<sup>60</sup> HERNAN BURBANO ORJUELA. El Suelo: Una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Primera edición, Pasto: U. de Nariño. Colombia. 1989. 447 p. p417.

<sup>61</sup> MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS (s.f). recuperado el 30 de agosto de 2005 de. <http://www.ciedperu.org/manuales/suelin.htm>

<sup>62</sup> ALELOPATINAS (s.f). recuperado el 30 de agosto de 2005 de. <http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Informa/alelopatinas.htm>

- Gallinas en suelo:
  - Antes de colocar las gallinas se requiere hacer un piso de 30 cm con viruta de cualquier madera, para absorber la humedad.
  - A los 6 meses o al año se retira el piso y se debe hacer uno nuevo.
  - Cada 15 días se pasa un rastrillo para incorporar la gallinaza en la cama.
- Gallinas en jaulas:
  - Al colocar las jaulas, hacer una cama de aserrín de 5 cm.
  - Después, a los 20 o 30 días se lleva la mezcla de aserrín y gallinaza a las fosas de fermentación.
  - Aplicar cal viva o insecticida para matar larvas de moscas.
  - Agregar arena o tierra negra en relación 4 de gallinaza y 1 de tierra.
  - Cubrir con un plástico durante 45 días.
  - Pasar a otra fosa y dejar otros 45 días.<sup>63</sup>

**3.6.2 Fertilización Química.** A continuación se hace una descripción de los elementos usados como fertilización química en la investigación:

**3.6.2.1 URFOS 44 (Urea - Fosfato).** Es un fertilizante compuesto por cristales altamente solubles en agua e ideal para la nutrición de los cultivos exigentes y/o bajo sistemas intensivos de producción tales como hortalizas, frutales, ornamentales y viveros bajo condición de fertirrigación.

- Composición del URFOS 44

Nitrógeno Total (N)	17,0%, como mínimo
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	44,0%, como mínimo

- Ventajas del URFOS 44
  - Fuente concentrada y eficiente de nitrógeno (N) y fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).
  - Es un fertilizante de alta solubilidad y pureza, fácil y rápido de disolver para usarse a través de cualquier sistema de riego.
  - Disminuye las pérdidas de nitrógeno de la urea a causa de su acidez, logrando una mejor eficiencia por el cultivo.
  - Su naturaleza ácida actúa favorablemente en condiciones de suelos y/o aguas alcalinas pues restituye la asimilación de micronutrientes tales como hierro, zinc y manganeso.
  - Es compatible con la mayoría de los fertilizantes de macro y micronutrientes utilizados en fertirrigación. Sin embargo, no se recomienda mezclar con nitrato de calcio.
  - Se considera un ácido seco que no presenta los peligros de manejo muchas veces asociadas con los ácidos líquidos.<sup>64</sup>

<sup>63</sup>FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. El maravilloso mundo del abono orgánico. Colombia. 2000. p 25

<sup>64</sup> URFOS 44 (s.f). recuperado el 13 de septiembre de 2005 de [http://www.corpmisti.com.pe/URFOS\\_44.htm](http://www.corpmisti.com.pe/URFOS_44.htm)

En cuanto al fósforo, Guerrero Riascos, en el libro, "FERTILIDAD DE SUELOS", dice que éste es uno de los elementos que aporta nutrimento a los suelos y que una deficiencia de éste en las plantas constituye uno de los principales problemas que ocasionan infertilidad en el suelo y esta baja disponibilidad está asociada con:

- a) bajo contenido de P – total,
  - b) alta estabilidad de los compuestos fosfatados del suelo, lo que implica una baja solubilidad y, por tanto, una muy débil liberación de formas disponibles a la planta.
  - c) baja intensidad de la mineralización de los compuestos orgánicos fosfatados. <sup>65</sup>
- Otras prácticas agronómicas que pueden afectar la disponibilidad de fósforo son:
- a) Riego. La humedad adecuada incrementa la disponibilidad de fósforo, al aumentar la solubilidad de algunos fosfatos minerales del suelo, mientras que una desecación de los suelos causará un efecto negativo. <sup>66</sup>

**3.6.2.2 KLIP BORO.** KLIP BORO es una fuente de boro altamente soluble y de rápida asimilación por las plantas, tanto por vía foliar como edáfica. Es un complemento nutritivo para aplicación foliar o al suelo como fuente de boro; es recomendado para el tratamiento preventivo y correctivo de las deficiencias de este elemento.

- Composición del KLIP BORO. Polvo Soluble para aplicación foliar o al suelo <sup>67</sup>

Boro (B)	20.5%, como mínimo
----------	--------------------

**3.6.2.3 Boro.** Es uno de los microelementos esenciales, también llamados oligoelementos, que son un grupo de sustancias químicas necesarias para el desarrollo de las plantas, pero éstas los absorben en cantidades muy pequeñas, del orden de algunos gramos o cientos de gramos por hectárea.

Los suelos de textura gruesa (arenosa), pobres en materia orgánica, tienden a ser bajos en boro disponible. Los suelos ricos en materia orgánica dificultan la retención del boro y azufre. <sup>68</sup>

- Propiedades Químicas. La presencia de boro en cantidades muy pequeñas parece ser necesaria en casi todas las plantas, pero en grandes concentraciones es muy tóxico para la vegetación. En la naturaleza hay sólo un número limitado de localidades con concentraciones altas de boro o

---

<sup>65</sup> SOCIEDAD COLOMBIANA DE LA CIENCIA DEL SUELO. Fertilidad de suelos. Diagnóstico y control. Bogotá. Publicación de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1994 p.159 y p 162.

<sup>66</sup> Ibid. P. 162.

<sup>67</sup> FERTILIZACION QUIMICA. (s.f). recuperado el 13 de septiembre de 2005 de. [hlinagro.com.co/contenido/productos\\_fertiza\\_foliares.asp?doc=110](http://hlinagro.com.co/contenido/productos_fertiza_foliares.asp?doc=110)

<sup>68</sup> GENERALITAT VALENCIANA. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. La función de los Nutrientes Secundarios y Microelementos. Tomado del artículo publicado en la revista "ASAJA".Nº 13. Febrero 2003. Pág. 19.

grandes depósitos de minerales; los más importantes parecen ser de origen volcánico.

La concentración total de boro en el suelo oscila entre 4 y 100 ppm. En relación con otros microelementos, se tiene que el boro siempre se encuentra combinado con el oxígeno, comportándose, por tanto, como anión (borato) en todas las reacciones. Este anión tiene alta movilidad y permite que se pierda fácilmente por lixiviación. El boro se encuentra en el suelo en cuatro estados: formando parte de la estructura cristalina de los minerales, adsorbido o retenido por los coloides del suelo, como anión en la solución del suelo y/o asociado a la materia orgánica.<sup>69</sup>

**3.6.2.4 Manganeso.** Es un microelemento que su deficiencia se encuentra generalmente asociada a los suelos orgánicos y minerales de pobre drenaje. La reducción del manganeso a la forma divalente y la lixiviación son los responsables del bajo nivel del mismo en el suelo.<sup>70</sup>

Por otra parte, un exceso de manganeso en un suelo ácido puede ser un factor limitante para el crecimiento de las plantas. El efecto tóxico del Mn generalmente ocurre a pH del suelo inferior a 5.5. Sin embargo, en suelos inundados o compactados, el exceso de Mn puede limitar el crecimiento de las plantas a pH 6.0 o mayor.<sup>71</sup>

**3.6.2.5 Cobre.** La materia orgánica juega un papel importante para la presencia de cobre soluble en el suelo. Las necesidades son pequeñas y el contenido de cobre en el suelo debe ser de 4 a 6 ppm para suelos minerales y de 20 a 30 ppm para suelos orgánicos. Como la lixiviación de este microelemento es insignificante, una sola aplicación al suelo, en su caso, podrá solucionar todas las necesidades de cobre a las plantas durante muchos años.<sup>72</sup>

- Aplicaciones. El sulfato de cobre (II) es el compuesto de cobre de mayor importancia industrial y se emplea en agricultura, en la purificación del agua y como conservante de la madera.

**3.6.2.6 Zinc.** La deficiencia de zinc en las plantas va unida generalmente a los suelos ácidos, principalmente en el horizonte superficial.<sup>73</sup>

- Características principales. El zinc es un metal, a veces clasificado como metal de transición aunque estrictamente no lo sea, que presenta cierto parecido

---

<sup>69</sup> SOCIEDAD COLOMBIANA DE LA CIENCIA DEL SUELO. Op Cit. P.189

<sup>70</sup> GENERALITAT VALENCIANA. Op cit.

<sup>71</sup> Salinas, José. SOCIEDAD COLOMBIANA DE LA CIENCIA DEL SUELO. Op cit. P.402

<sup>72</sup> GENERALITAT VALENCIANA. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. La función de los Nutrientes Secundarios y Microelementos. Tomado del artículo publicado en la revista "ASAJA".Nº 13. Febrero 2003. Pág. 19.

<sup>73</sup> ibid

con el magnesio y el berilio además de con los elementos de su grupo. Es un elemento químico esencial.

**3.6.2.7 Nitrógeno.** La más importante aplicación comercial del nitrógeno es la obtención de amoníaco por el proceso de Haber. El amoníaco se emplea en la fabricación de fertilizantes y ácido nítrico. Las sales del ácido nítrico incluyen importantes compuestos como el nitrato de potasio (nitro o salitre empleado en la fabricación de pólvora) y el nitrato de amonio como un fertilizante.<sup>74</sup>

- Rol biológico. En el artículo el autor menciona que el nitrógeno es componente esencial de los aminoácidos y los ácidos nucleicos, vitales para la vida. Las legumbres son capaces de absorber el nitrógeno directamente del aire, siendo éste transformado en amoníaco y luego en nitrato por bacterias que viven en simbiosis con la planta en sus raíces. El nitrato es posteriormente utilizado por la planta para formar el grupo amino de los aminoácidos de las proteínas que finalmente se incorporan a la cadena trófica.
- Precauciones. Los fertilizantes nitrogenados son una importante fuente de contaminación del suelo y de las aguas. Los compuestos que contienen ión cianuro forman sales extremadamente tóxicas y son mortales para numerosos animales, entre ellos los mamíferos.<sup>75</sup>

Hernan Burbano Orjuela esquematiza el ciclo del nitrógeno en la siguiente forma: *"La mineralización del N está relacionada con la degradación de los compuestos nitrogenados orgánicos de los residuos fresco, así como también de los complejos orgánicos del humus. En la mineralización el paso inicial a  $NH_4$  constituye la amonificación, mientras que la oxidación de este compuesto a nitrato se conoce como nitrificación. Al contrario de la mineralización, una gran proporción del amonio y nitrato puede ser inmovilizada a través de la actividad de los microorganismos. Toda vez que la mineralización activa implica un crecimiento activo de la flora el suelo, es claro que los dos procesos –mineralización e inmovilización- ocurren simultáneamente."*<sup>76</sup>

### 3.7 AGUA DESIONIZADA

Es agua casi pura, es decir, agua muy tratada de alta resistividad y sin compuestos orgánicos; normalmente usada en las industrias de semiconductores y farmacéuticas.<sup>77</sup>

---

<sup>74</sup> ibid

<sup>75</sup> NITROGENO (s.f). recuperado el 13 de septiembre de 2005 de <http://encyclopedia-es.snyke.com/articles/nitrogeno.html>

<sup>76</sup> BURBANO, En: SOCIEDAD COLOMBIANA DE LA CIENCIA DEL SUELO. Op Cit. P.121

<sup>77</sup> AGUA DESIONIZADA. (s.f). recuperado el 13 de septiembre de 2005 de <http://www.osmonicspurewater.com/handbook2.htm>

El artículo menciona que existen tres tipos de agua ultra pura, que se diferencian por el proceso o método que se ha usado para purificarlas, entre las cuales se encuentra el agua destilada, el agua desmineralizada y el agua desionizada y las define así:

- El agua destilada es agua que ha sido hervida en un aparato llamado "alambique", y luego recondensada en una unidad condensadora para devolver el agua al estado líquido. Los contaminantes disueltos tales como sales se quedan en el tanque donde el agua hierve mientras que el vapor de agua se eleva hacia fuera. Puede no funcionar si los contaminantes son volátiles de forma que también hierven y recondensen.
- El Agua desmineralizada es el agua a la cual se le quitan los minerales y las sales. Se utiliza cuando se requiere agua con bajo contenido en sal o baja conductividad. Se utiliza cualquier proceso usado para eliminar los minerales del agua, sin embargo, normalmente el término se restringe a procesos de intercambio iónico.
- El Agua desionizada es aquella que se obtiene por un proceso que utiliza resinas de intercambio iónico de fabricación especial que eliminan las sales ionizadas del agua. Teóricamente puede eliminar el 100% de las sales. La desionización normalmente no elimina los compuestos orgánicos, virus o bacterias excepto a través del atrapado "accidental" en la resina y las resinas aniónicas de base fuerte de fabricación especial que eliminan las bacterias gram negativo.

Cuando se habla de agua desionizada es necesario referirse al término ósmosis inversa, el cual es un proceso que utiliza una membrana semipermeable para separar y para quitar los sólidos disueltos, los orgánicos, los pirogénicos, la materia coloidal submicro organismos, virus, y bacterias del agua. El proceso se llama ósmosis "inversa" puesto que requiere la presión para forzar el agua pura a través de una membrana, saliendo; las impurezas detrás.<sup>78</sup>

Es la filtración más perfecta conocida. Este proceso permitirá la eliminación de partículas tan pequeñas como los iones de una disolución. La ósmosis inversa se usa para purificar el agua y eliminar sales y otras impurezas para mejorar el color, sabor u otras propiedades del fluido. La ósmosis inversa es capaz de rechazar las bacterias, sales, azúcares, proteínas, partículas, tintes, y otros constituyentes.<sup>79</sup>

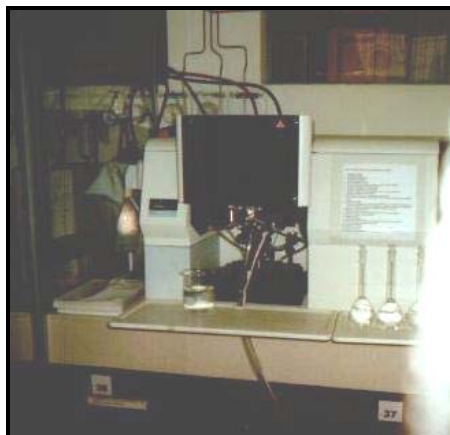
---

<sup>78</sup> AGUA DESMINERALIZADA. (S.F). Recuperado el 23 de septiembre de 2005 de: [http://www.lennntech.com/espanol/agua\\_desionizada\\_desmineralizada.htm](http://www.lennntech.com/espanol/agua_desionizada_desmineralizada.htm)

<sup>79</sup> AGUA DESIONIZADA. (s.f). recuperado el 13 de septiembre de 2005 de: <http://www.osmonicspurewater.com/handbook2.htm>

### 3.8 ESPECTROSCOPIA DE ABSORCION ATOMICA

**Figura 6.** Espectrofotómetro de Absorción Atómica. Universidad de la Salle.



**Fuente:** Las autoras. 2005

La espectroscopía de absorción atómica usa la adsorción de la luz para medir la concentración de la fase gaseosa de átomos. Ya que la mayoría de las muestras son sólidas o líquidas, sus átomos o iones deben ser vaporizados a la flama o en un horno de grafito. Los átomos adsorben luz visible o ultravioleta y hacen transiciones a niveles de energía más altos. La concentración de la muestra es determinada por la cantidad de adsorción. Las mediciones de concentración son generalmente determinadas de una curva de calibración, después de haber calibrado el aparato con los estándares de concentración conocida.<sup>80</sup>

El Espectrofotómetro de Absorción Atómica da información sobre la naturaleza de la sustancia en la muestra. Esto se puede lograr midiendo la absorbancia (Abs) a distintos largos de onda ( $\lambda$ ) y graficando estos valores en función del largo de onda, formando un espectrograma. Como cada sustancia tiene unas propiedades espectrales únicas, distintas sustancias producen distintos espectrogramas. Esto se debe a que cada sustancia tiene un arreglo de átomos tridimensional particular que hace que cada sustancia tenga características únicas. Al ser expuestos a la luz del espectrofotómetro, algunos electrones de los átomos que forman las moléculas absorben energía entrando a un estado alterado. Al recuperar su estado original, la energía absorbida es emitida en forma de fotones. Esa emisión de fotones es distinta para cada sustancia, generando un patrón particular, que varía con el largo de onda usado. Dependiendo del largo de onda, será la cantidad de energía absorbida por una sustancia, lo que logra generar un espectro particular al graficar Abs vs  $\lambda$ <sup>81</sup>

---

<sup>80</sup>VELEZ. Equipos para Espectroscopía de Absorción Atómica. Disponible en: [www.uprm.edu/biology/profs/velez/equipos.htm](http://www.uprm.edu/biology/profs/velez/equipos.htm)

<sup>81</sup>VELEZ. Equipos para EAA. Disponible en: [www.uprm.edu/biology/profs/velez/equipos.htm](http://www.uprm.edu/biology/profs/velez/equipos.htm)



El espectrofotómetro mide la absorbancia de una muestra en los espectros de luz ultravioleta y visible (200 a 850 nm). El largo de onda es determinado por un prisma que descompone el rayo de luz de acuerdo al largo de onda escogido. Luego la luz pasa por una hendidura que determina la intensidad del haz. Este haz atraviesa la muestra y llega a un tubo fotográfico, donde es medido. La cantidad de luz que atraviesa la muestra es el porcentaje (%) de transmitancia. Podemos usar esta unidad o cambiarla a absorbancia usando la siguiente ecuación.

$$\%T = - \text{Log Abs.}$$

El espectrofotómetro nos puede dar ambos valores a la misma vez, ahorrando la necesidad de hacer los cálculos. (Transmitancia= cantidad de luz que atraviesa la mezcla).

Una característica del instrumento es la necesidad de “blanquear” el aparato antes de cada lectura. Esto se hace colocando una muestra de solución control que tenga todos los componentes de la reacción menos la sustancia que va a ser medida en el instrumento y ajustando la lectura a cero absorbancia. El propósito de esto es eliminar el registro de absorbancia (background) que puedan presentar los demás componentes de la reacción a ese largo de onda particular. Todas las moléculas presentan absorbancia porque todas interfieren con el paso de la luz. Sólo que la absorbancia será óptima a un largo de onda de luz específico para cada tipo de sustancia.<sup>82</sup>

### 3.8.1 Instrumentos.

- Fuente de luz: El autor explica que la fuente de luz usualmente es una lámpara de cátodo con vacío de los elementos a ser medidos. Los láseres son también usados en estos instrumentos y éstos son suficientemente intensos para excitar los átomos a mayores niveles de energía, esto permite a las mediciones de AA y fluorescencia atómica en un solo instrumento. La desventaja de estas angostas bandas de luz es que solo se puede medir un elemento a la vez.
- Atomizador: La espectroscopía de absorción atómica necesita que los átomos se encuentren en fase gaseosa. Los átomos y iones de la muestra deben sufrir desolvación y vaporización a altas temperaturas como en el horno de grafito o la flama. La flama de AA solo puede ionizar soluciones analíticas, mientras que el horno de grafito puede aceptar soluciones, mezclas o muestras sólidas.

La flama de absorción atómica usa una hendidura de tipo mechero para incrementar la longitud de la trayectoria y así incrementar la absorbancia total. Las muestras líquidas son aspiradas por un flujo de gas hacia una cámara de nebulación/combinación para formar gotas pequeñas antes de entrar a la flama.

---

<sup>82</sup>ibid

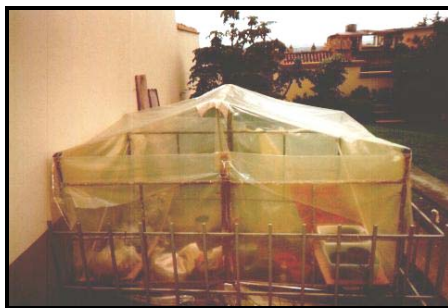
## 4. MATERIALES Y METODOS

Para el desarrollo del proyecto se realizaron las siguientes actividades:

### 4.1 LOCALIZACIÓN

El proceso de investigación se llevó a cabo en la Universidad de la Salle, sede centro, en el área denominada "Los Pinos", donde se instaló una unidad de invernadero experimental con el objetivo de mantener condiciones ambientales estables.

**Figura 7.** Unidad experimental

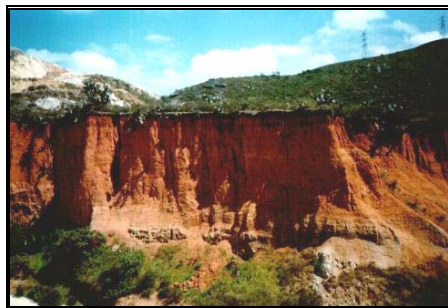


Fuente: Las autoras.2005

### 4.2 RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA

En el desierto Zabinsky, ubicado en el municipio de Mosquera (Cundinamarca) se observaron los sitios afectados y una vez escogido el sitio, se descubrió que el suelo de esta zona tiene horizontes visibles, tal como se muestra en la figura 9.

**Figura 8.** Desierto de Zabinsky.

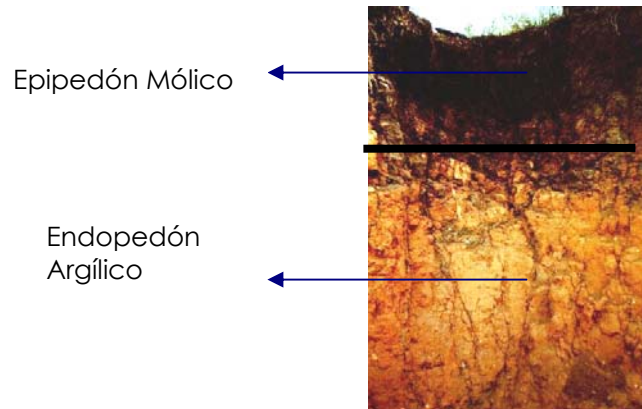


Fuente: Las Autoras. 2005

Se recolectó entonces, un volumen de muestra de 48 kilogramos aproximadamente de estrato 1 o "EPIPEDÓN" y 48 kilogramos aproximadamente de estrato 2 o "ENDOPEDÓN".

Se observó también, que el primer horizonte o Epipedón Mólico tiene un espesor aproximado de 20 cm, y el segundo horizonte o Endopedón Argílico mide más de 20 cm, el cual presenta estructura columnar angular.

**Figura 9.** Horizontes Suelo Zabinsky.



Fuente: Las Autoras. 2005

#### 4.3 ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL SUELO

El análisis físico de textura del suelo se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Colombia (ver Anexo D), los análisis de densidad real y de densidad aparente se hicieron en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad de la Salle, (ver Anexo M) al igual que los análisis químicos de Capacidad de Intercambio Catiónico, Saturación de Bases y pH.

**Figura 10.** Práctica de Capacidad de Intercambio Catiónico en Laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria.



Fuente: las autoras

**4.3.1 Obtención de la C.I.C.** La Capacidad de Intercambio Catiónico y la determinación de bases cambiables se realizó mediante la metodología del acetato de amonio descrita en el Anexo A.

**4.3.2 Determinación de Magnesio, Calcio, Potasio y Sodio cambiables.** Para la determinación de bases cambiables se utilizó el espectrofotómetro de absorción atómica del laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad de la Salle, bajo la metodología explicada en el Anexo A.

**Figura 11.** Espectrofotómetro absorción atómica. Universidad de la Salle.



Fuente: Las Autoras. 2005.

#### 4.4 DEFINICION DE TRATAMIENTOS Y DOSIS DE E.M. A APLICAR

Se definieron los siguientes tratamientos cada uno con tres repeticiones, quedando como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** Tratamientos

# TRATAMIENTO	DESCRIPCION TRATAMIENTO
1	Testigo
2	E.M.
3	Compost + E.M.
4	Mulch + E.M.
5	Gallinaza + E.M.
6	Fertilización Química + E.M.
7	Compost + Mulch + Gallinaza + E.M.
8	Compost + Mulch + Gallinaza + Fertilización Química + E.M

Fuente: Las autoras. 2005.

En cuanto a la dosis de E.M. y por sugerencia de los fabricantes del producto (FUNDASES) se determinó que lo más adecuado era seguir el siguiente procedimiento:

**Tabla 6.** Dosis de E.M. aplicada.

MES	PERIODO DE TIEMPO	DILUCION
1	Cada 8 días	5%
2	Cada 15 días	5%
3	Una vez al mes	5%

Fuente: Las autoras. 2005.

La dilución al 5 % del E.M. se hace tomando como base 50 ml de E.M. por cada litro de agua.

#### **4.5 DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES NUTRICIONALES DEL SUELO INICIAL Y DEFINICIÓN DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS A EVALUAR**

Según el resultado de los análisis del suelo inicial realizados por la Universidad Nacional de Colombia, el suelo en estudio tiene deficiencias de los siguientes elementos y sus respectivas cantidades. Estos datos se tienen en cuenta para el tratamiento de fertilización química:

**Tabla 7.** Necesidades suelo inicial

ELEMENTO	CANTIDAD POR REPETICION (g)
Nitrógeno	30
Fósforo	30
Cobre	0.0002
Manganeso	0.0002
Zinc	0.0001
Boro	5

Fuente: Las autoras. 2005.

En cuanto a las características morfológicas, se tuvo en cuenta el perímetro o diámetro del tallo, número de ramas y número de hojas (Ver Anexo D). Además se llevó un registro de temperatura ambiental dentro de la unidad experimental (ver Anexo I).

#### **4.6 HOMOGENIZACIÓN Y TAMIZADO DEL SUELO**

Con el fin de obtener una muestra homogénea, con características granulométricas similares y para garantizar uniformidad en el diseño experimental, la muestra de suelo fue tamizada manualmente.

#### **4.7 CALCULO DE RIEGO**

Para calcular la cantidad de agua a aplicar y teniendo en cuenta la fuerza de retención de agua en las plantas, se realizó una prueba de riego de la siguiente forma: Se colocaron dos materas con suelo en una bandeja y a cada una de las

materas se les aplicó 2000 ml de agua destilada para llevar la relación 1:1 (2 Kg. de suelo en cada matera: 2000ml de agua) y se dejó allí 24 horas.

Como resultado de esta prueba en la bandeja quedo 800 ml de agua, lo que determinó entonces que la absorción del suelo fue de 600 ml, cantidad que se aplicó a cada planta.

**Figura 12.** Prueba de riego.



Fuente: Las Autoras. 2005.

#### **4.8 ADQUISICIÓN DE PLÁNTULAS**

Se obtuvieron plántulas de características similares (20 cm. de altura aproximadamente) de *Acacia melanoxylon R. Browm* (Acacia japonesa) provenientes del desierto de Zabrinsky para plantarlas en los materos.

#### **4.9 SIEMBRA Y MONTAJE DE TRATAMIENTOS**

Una vez homogenizado el suelo (cada estrato por aparte), se hizo el montaje de los materos, colocando 1 kilogramo de suelo del estrato 2 y sobre éste 1 kilogramo de suelo del estrato 1.

Se homogenizó el suelo de cada matera con el tratamiento específico, (excluyendo el mulch, porque este debe ir en forma de capa encima del estrato 1). Una vez se tuvo la matera con el tratamiento incorporado, se sembró la planta de *Acacia melanoxylon R. Browm* (Acacia japonesa).

Cabe anotar que la cantidad de tratamiento para los abonos orgánicos es de 1 Libra, y para el tratamiento de fertilización química se colocó de acuerdo a las necesidades ya planteadas.

Como cada tratamiento tiene tres repeticiones, se definió de la siguiente forma los tratamientos y sus respectivas materas:

**Tabla 8.** Tratamiento y sus repeticiones

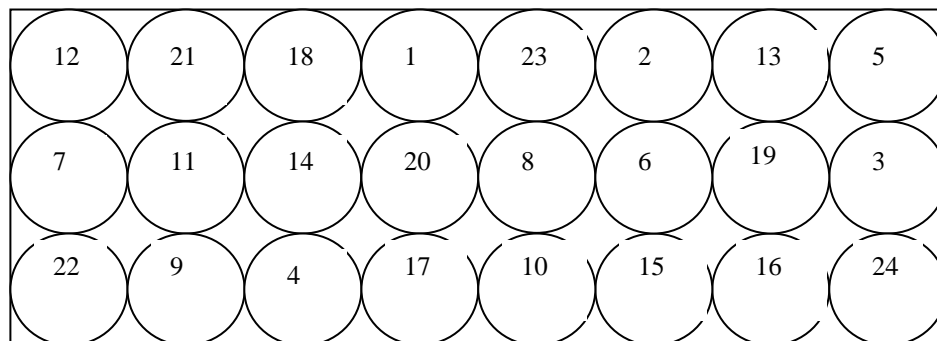
# MATERAS	TRATAMIENTO
1 – 2 – 3	Testigo
4 – 5 – 6	E.M.
7 – 8 – 9	Compost + E.M.
10 – 11 – 12	Mulch + E.M.
13 – 14 – 15	Gallinaza + E.M.
16 – 17 – 18	Fertilización Química + E.M.
19 – 20 – 21	Compost + Mulch + Gallinaza + E.M.
22 – 23 – 24	Compost + Mulch + Gallinaza + Fertilización Química + E.M

Fuente: Las autoras. 2005.

#### 4.10. UBICACIÓN DE TRATAMIENTOS EN LA UNIDAD EXPERIMENTAL.

Se ha acordado emplear un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) de la siguiente manera:

**Figura 13.** Ubicación de las materas dentro de la unidad experimental.



**Figura 14.** Ubicación de las materas en la unidad experimental.



Fuente: Las Autoras. 2005.

Los tratamientos quedaron establecidos así:

Tratamiento 1: Testigo. Estas plantas no llevan tratamiento alguno. Se aplica solamente agua desionizada en la misma cantidad que a las otras plantas.

Tratamiento 2: Formulaci3n correspondiente a E.M. A las plantas de este tratamiento se les aplica el E.M. en proporci3n del 5% de agua aplicada.

Tratamiento 3: Formulaci3n correspondiente a Compost, adicionando EM

Tratamiento 4: Formulaci3n correspondiente a Mulch con E.M.

Tratamiento 5: Aplicaci3n de Gallinaza y E.M.

Tratamiento 6: Fertilizaci3n Qu3mica (URFOS 44, KLIP BORO, Zinc, Boro, Manganese y cobre), adicionando E.M.

Tratamiento 7: Aplicaci3n de compost + mulch + gallinaza + E.M.

Tratamiento 8: Aplicaci3n de compost + mulch + gallinaza + fertilizaci3n qu3mica + E.M.

Para los an3lisis estad3sticos de tejido vegetal de plantas se realiz3 un An3lisis Multivariado de Varianza (MANOVA), en el cual, las variables respuesta ( $Y_j$ ) correspond3an a la medici3n en las plantas, de Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Potasio (K), Manganese (Mn), Hierro (Fe) y Cobre (Cu), en meq /100g y la variable explicativa ( $T_i$ ), el tipo de tratamiento aplicado al suelo.

Modelo MANOVA:

$$Y_j = T_i \quad \text{con } j = 1, \dots, 7 \text{ e } i = 1, \dots, 8$$

donde:

$$\begin{aligned} Y_i &= [Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6, Y_7] \\ &= [\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Na}, \text{K}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Cu}] \end{aligned}$$

y

$$T_j = [T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7, T_8]$$

La hip3tesis nula planteada para el an3lisis estad3stico es:

$$H_0 = T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T_5 = T_6 = T_7 = T_8$$

lo que significa que los tratamientos son iguales entre si, o en otras palabras que no existen diferencias estad3sticamente significativas entre ellos.

A su vez, la hip3tesis alternativa sostiene que al menos un tratamiento es diferente de los dem3s:

$$H_1 = \text{Al menos un } T_i \text{ es diferente de los dem3s con } i = 1, \dots, 8.$$

Para los elementos (variables de respuesta) en que la hip3tesis nula del An3lisis de Varianza fuese rechazada con evidencia estad3stica, los resultados se sometieron



a pruebas de comparación múltiples entre tratamientos de Duncan, para identificar el (los) tratamiento(s) que difería(n) de los demás<sup>83</sup>.

#### **4.11 RIEGO DE TRATAMIENTOS**

Se acordó una frecuencia de riego, cada tercer día (ver Anexo B Cronograma de riego), teniendo en cuenta los días de aplicación de E.M. y los días de riego doble por ser fines de semana o festivos.

El riego comenzó con 600 ml a cada planta según resultados de la prueba de riego, a medida que se observaba la evolución de cada una de las plantas se disminuyó el riego hasta llegar a 50 ml por planta.

#### **4.12 SEGUIMIENTO**

Se realizó de dos formas; una física, haciendo análisis morfológicos cada 15 días (ver Anexo I), y otra con los análisis correspondientes de C.I.C. y Bases Intercambiables. Para cada método se llevo el respectivo registro de los datos obtenidos.

#### **4.13 SEGUNDA SIEMBRA**

Fue necesario hacer un segundo trasplante con otras plantas obtenidas en Mondoñedo, a los treinta y ocho (38) días de iniciar la investigación, porque las plantas que inicialmente se sembraron, se marchitaron y secaron, esto, debido tal vez por maltrato de las raíces durante el transporte y ésta situación permitiría tener solo una primera apreciación sobre cuál tratamiento estaba teniendo mejor resultado.

Las plantas de esta segunda siembra, fueron obtenidas de un terreno que Colcerámica S.A. tiene en el desierto de Zabinsky para la disposición final de sus residuos generados en el proceso de fabricación. Se trajeron 35 plantas.

Para esta segunda siembra, también se aplicó la misma metodología que se venía llevando, tanto en riego como en análisis morfológicos y se llevaron registros a parte de cada uno. Estas plantas se denominarán en adelante "plantas nuevas", y a las plantas trasplantadas desde el inicio de la investigación se denominarán "plantas antiguas".

---

<sup>83</sup> Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System)

**Figura 15.** Materas con plantas nuevas y antiguas.



**Fuente:** Las Autoras. 2005.

#### **4.14 ANALISIS DE C.I.C. A SUELO EN LA MITAD DEL PROCESO**

Bajo la técnica de muestreo compuesto se obtuvieron muestras de suelo de cada una de las 24 materas para los análisis de Capacidad de Intercambio Catiónico.

La práctica para el análisis se realizó entre Agosto 29 y Septiembre 5 de 2005 en el laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad.

#### **4.15 DESMONTE DE TRATAMIENTOS PARA ANALISIS FINALES DE C.I.C., BASES INTERCAMBIABLES Y DE TEJIDO VEGETAL**

El procedimiento que se llevó a cabo en esta etapa fue sacar con mucho cuidado cada planta para evitar que sufriera daños en la raíz, y se tomó el dato de peso de la planta con raíz y sin ella (este peso se denomina "peso húmedo"). De las materas se tomó únicamente el primer estrato para homogenizarlo y realizar los respectivos análisis de C.I.C. y Bases Intercambiables. (Ver Anexo L)

Una vez obtenido el dato del peso húmedo, las plantas se guardaron para tomar el peso seco y posteriormente hacer el análisis de tejido vegetal respectivo. La metodología utilizada para éste análisis se describe en el Anexo A.

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el análisis de resultados se tuvo en cuenta los datos de las prácticas realizadas, las actividades de campo (análisis morfológico, riego, observaciones etc.) el marco teórico y el análisis estadístico.

### 5.1 ANALISIS DE MUESTRA DE SUELO INICIAL

Al iniciar la investigación se realizó análisis de suelo inicial en el laboratorio de aguas y suelos de la Universidad Nacional de Colombia, con el fin de determinar sus características químicas y de textura. Los resultados que se muestran en el Anexo D permitieron ser el punto de referencia para comparar los tratamientos al final de los cuatro meses de investigación.

El reporte de análisis del suelo arrojó un pH de 6.09, valor que está clasificado como suelo medianamente ácido. Hay alta disponibilidad de calcio (Ca), potasio (K), magnesio (Mg), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y fósforo. Se encontró nivel medio para N y carbono orgánico (CO) y nivel óptimo para sodio. Con respecto a los microelementos se encontró que dentro el nivel crítico estaba el zinc; sobre el nivel crítico el hierro, y por debajo de él, el cobre y el manganeso. La textura a la que pertenece el suelo de Zabinsky es FArA (*franco arcilloso arenoso*). Estos valores se compararon con la tabla de referencia dada por la Universidad Nacional y por la tabla de referencia del IGAC, tomando como base clima frío. (Ver Anexo E).

### 5.2 ANALISIS DE CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)

A continuación se presentan los resultados correspondientes a la CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico), para suelo inicial, suelo a la mitad del proceso y suelo al final de la investigación. (Ver Anexo H)

**5.2.1 Análisis de Capacidad de Intercambio Catiónico a dos meses de iniciar el proceso.** El análisis de CIC a la mitad del proceso se realizó en agosto 29, transcurridos dos meses de haber comenzado la aplicación de E.M. (Microorganismos Efectivos). En la figura 16 y en la tabla 9 se observa que la muestra inicial tiene un valor de 21.2 meq/100g, siendo éste superior que el del tratamiento1, debido a que el T1 es el testigo y no contiene ningún tratamiento., mientras que el valor inicial con respecto al resto de los tratamientos es menor.

En general, la CIC aumenta porque la aplicación de fertilización química (compuesta por manganeso electrolítico, boro, cobre, zinc, urfos 44, klip-boro) aportó unos niveles importantes de bases como se ve en el anexo J (Análisis de los Abonos Aplicados). Y esto se corrobora observando que el tratamiento con mayor CIC es el T8 (abonos orgánicos + E.M. + fertilización química) y que en

segundo lugar se encuentra el T6 (fertilización química). En tercer lugar se encuentra el T3 (gallinaza + E.M.), el cual presenta la mayor cantidad de bases. En cuarto lugar se encuentra el compost, que también aporta bases. En quinto lugar debería estar el mulch, pero es el E.M. el que sobrepasa éste último elemento, debido a que probablemente el mulch no ha llevado a cabo su proceso de mineralización. La disminución del T7 (abonos orgánicos + E.M) es una prueba más de que la fertilización química es la que está aportando las bases.

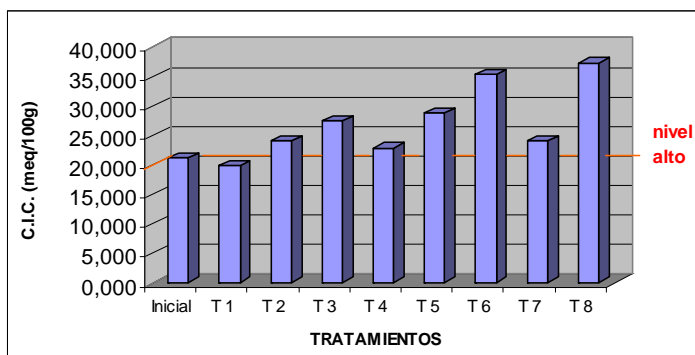
Lo anterior contradice lo que afirma el Profesor Higa acerca de que el E.M. no funciona en presencia de fertilizantes químicos.<sup>84</sup>

**Tabla 9.** Capacidad de Intercambio Catiónico a la mitad del proceso.

TRATAMIENTO	C.I.C MITAD (meq / 100g)
Inicial	21,200
T 1	19,867
T 2	24,067
T 3	27,533
T 4	22,933
T 5	28,833
T 6	35,400
T 7	24,100
T 8	37,300

Fuente: Las Autoras, 2005.

**Figura 16.** Resultados de CIC a mitad del proceso.



Fuente: Las Autoras, 2005.

El análisis de varianza muestra una probabilidad de 0.0030, es decir, que se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.

<sup>84</sup> INTERNACIONAL NATURE FARMING RESEARCH CENTER. Beneficial and Effective Microorganisms. Atami, Japan 1994. [online] Disponible en: [www.agriton.nl/higa.html](http://www.agriton.nl/higa.html).

Para ratificar esta afirmación se corrieron las pruebas de comparación de Duncan y se encontró que efectivamente los tratamientos T6 (fertilización química) y T8 (abonos orgánicos + E.M. + fertilización química) si tienen una marcada diferencia en comparación con el testigo.

**Tabla 10.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de CIC a la mitad del proceso.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: CIC_MIT					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	788.09625000	112.58517857	5.23	0.0030
Error	16	344.13333333	21.50833333		
Corrected Total	23	1132.22958333			

The SAS System				
Duncan's Multiple Range Test for variable: CIC_MIT				
Means with the same letter are not significantly different.				
Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM	
A	37.300	3	CMGFq_EM	
A				
B A	35.400	3	FertQuim_EM	
B				
B C	28.833	3	Gallinaza_EM	
B C				
B C D	27.533	3	Compost_EM	
C D				
C D	24.100	3	CMG_EM	
C D				
C D	24.067	3	EM	
C D				
C D	22.933	3	Mulch_EM	
D				
D	19.867	3	CCControl	

Fuente: Datos de las Autoras, SAS, 2005.

### 5.2.2 Análisis de Capacidad de Intercambio Catiónico al finalizar la investigación.

La figura 17 y la tabla 11 muestran una disminución de la CIC en los tratamientos T1 (testigo), T2 (E.M.), T3 (Compost + E.M.) y T4 (mulch + E.M) con respecto a la muestra inicial, debido a que a los cuatro meses de iniciar el proceso las plantas ya han absorbido los cationes de cambio (Ca, Mg, K, Na) que se encontraban retenidos en la materia orgánica. Los demás tratamientos tienen valores superiores al de la muestra inicial.

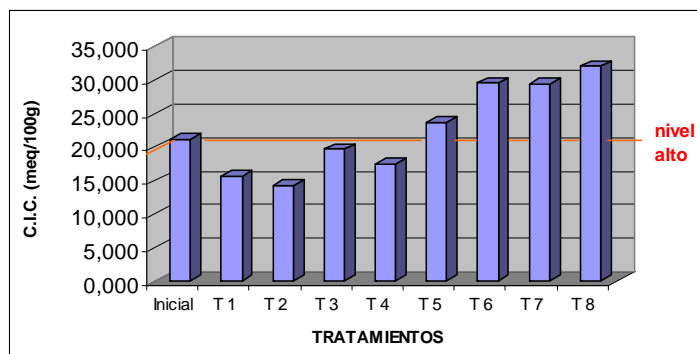
Comparando con los resultados obtenidos a los dos meses de iniciado el proceso, se observa que aunque los tratamientos conservan el mismo comportamiento, la CIC disminuyó en general, atribuyéndose esto a que las plantas hayan absorbido las bases. No obstante, el T7 (abonos orgánicos + E.M) presenta un aumento, debido a que el E.M. en presencia de los abonos orgánicos (compost, mulch, gallinaza) hace que se aumente la CIC.

**Tabla 11.** Capacidad de Intercambio Catiónico al final del proceso.

TRATAMIENTO	C.I.C FINAL (meq / 100g)
Inicial	21,200
T 1	15,667
T 2	14,333
T 3	19,733
T 4	17,533
T 5	23,733
T 6	29,500
T 7	29,400
T 8	32,067

Fuente: Las Autoras, 2005.

**Figura 17.** Resultados de CIC al final del proceso.



Fuente: Las Autoras, 2005.

El valor de probabilidad realizado por el MANOVA para CIC fue de 0.0001, indicando que estadísticamente sí hay diferencias entre tratamientos; aceptando la hipótesis alternativa. Esto se corrobora con lo encontrado al correr la prueba de comparación de Duncan.

**Tabla 12.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de CIC al final del proceso.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: CIC FINAL					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	1004.63958333	143.51994048	21.33	0.0001
Error	16	107.68000000	6.73000000		
Corrected Total	23	1112.31958333			

The SAS System  
Duncan's Multiple Range Test for variable: CICFINAL  
Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM
A	32.067	3	CMGFq_EM
A			
A	29.500	3	FertQuim_EM
A			
A	29.400	3	CMG_EM
B	23.733	3	Gallinaza_EM
B			
C B	19.733	3	Compost_EM
C			
C D	17.533	3	Mulch_EM
C D			
C D	15.667	3	CControl
D			
D	14.333	3	EM

**Fuente:** Datos de las Autoras, SAS, 2005.

### 5.2.3 ANALISIS DE PH

El valor inicial para este parámetro es 6.09, que pertenece a suelo moderadamente ácido, según clasificación del ICA (Tabla 2).

En la figura 18 y en la tabla 13 se observa que el pH de los tratamientos pasó de ser moderadamente ácido (muestra inicial y T2 (E.M.)) a ligeramente alcalino, como los tratamientos T5 (gallinaza + E.M.), T6 (fertilización química + E.M), T7 (abonos orgánicos + E.M) y T8 (abonos orgánicos + E.M. + fertilización química); y los tratamientos T 3 (compost + E.M.) y T 4(mulch + E.M.) se encontraron con pH neutro.

El valor de pH de los tratamientos T5, T7 y T8, está relacionado con el alto contenido de Calcio que tiene la gallinaza (ver anexo K).

En comparación con la figura 17 de CIC a la mitad del proceso, se observa que existe una relación entre los tratamientos que aumentaron pH con los tratamientos que aumentaron su Capacidad de Intercambio Catiónico. Lo anterior es explicado por Marín: "La carga negativa del humus aumenta a reacciones más alcalinas. La carga negativa del humus aumenta linealmente con el pH, siendo cerca de cero a pH de 3 a 4 y de 100 a pH 6. Se estima que la CIC de la materia orgánica a pH 8.2, es de alrededor de 200meq/100g".<sup>85</sup>

Además se observa en la tabla 13 y la figura 18 como el E.M. tiende a disminuir el pH (comportamiento de acidez residual) cuando es aplicado solo.

<sup>85</sup> Gildardo Marín. Fertilidad de suelos con énfasis en Colombia. ICA. 1990, p.31.

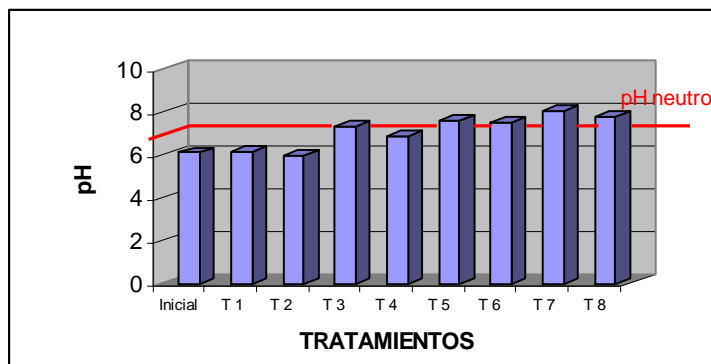
Por otra parte el fertilizante químico tiende a generar una acidez residual (bajo pH) o una basicidad residual (pH básico) según el tipo de fertilizante que se aplique.<sup>86</sup> Para este caso, los productos químicos aplicados en combinación con el E.M. generaron basicidad residual.

**Tabla 13.** Valores de pH en el suelo.

TRATAMIENTO	pH
Inicial	6,090
T 1	6,120
T 2	5,927
T 3	7,290
T 4	6,867
T 5	7,577
T 6	7,467
T 7	8,013
T 8	7,767

Fuente: Las Autoras, 2005.

**Figura 18.** Resultados de pH en el suelo por tratamiento.



Fuente: Las Autoras, 2005.

El análisis de varianza para la variable pH, mostró una probabilidad de 0.0001 lo que indicó claramente diferencias significativas entre tratamientos, aceptando la hipótesis alterna. Esto se verificó con las pruebas de comparaciones realizadas. Duncan encontró diferencias en los T4 (mulch+E.M.), T5 (gallinaza), T6 (fertilización química), T7 (abonos orgánicos + E.M) y T 8 (abonos orgánicos + E.M. + fertilización química) en comparación con el testigo.

<sup>86</sup> ICA. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. 1992, p.6.



**Tabla 14.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para valores de pH.

The SAS System General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: PH					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	12.01915929	1.71702276	14.69	0.0001
Error	16	1.87047267	0.11690454		
Corrected Total	23	13.88963196			

The SAS System  
Duncan's Multiple Range Test for variable: PH  
Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM
A	8.0133	3	CMG_EM
A			
B A	7.7667	3	CMGFq_EM
B A			
B A	7.5767	3	Gallinaza_EM
B A			
B A C	7.4667	3	FertQuim_EM
B C			
B C	7.2900	3	Compost_EM
C			
C	6.8667	3	Mulch_EM
D	6.1477	3	CControl
D			
D	5.9267	3	EM

Fuente: Datos de las Autoras, SAS, 2005.

### 5.3 ANALISIS DE BASES INTERCAMBIABLES

**5.3.1 Calcio (Ca).** En la figura 19 y la tabla 15 se observa que la concentración de Calcio disminuyó notablemente para todos los tratamientos con relación a la muestra inicial, debido a que este nutriente fue absorbido por la planta como se observa en las figuras 20 y 21.

Según la tabla 4, el T6 está en un rango bajo (0.892 meq/100g), porque en este tratamiento se aplicó fertilización química (compuesto por Mn, B, Cu, Zn, P y nitrógeno) con E.M., además de que este elemento tiene un comportamiento antagonista con los microelementos aplicados como es el caso del zinc<sup>87</sup>.

Los tratamientos T1, T2 y T4 están en un nivel medio que corresponden a testigo, aplicación de E.M. y mulch + E.M., respectivamente.

Los demás tratamientos se encuentran en un nivel alto como el Tratamiento T3 (compost + E.M.); el Tratamiento T5 (gallinaza + E.M.), que aporta gran cantidad de calcio; y los Tratamientos T7 (compost + mulch + gallinaza + E.M.) y T8

<sup>87</sup> GRAEETZ, H.A. Manuales para educación agropecuaria: suelos y fertilización. México: Trillas, 1982. p 28.

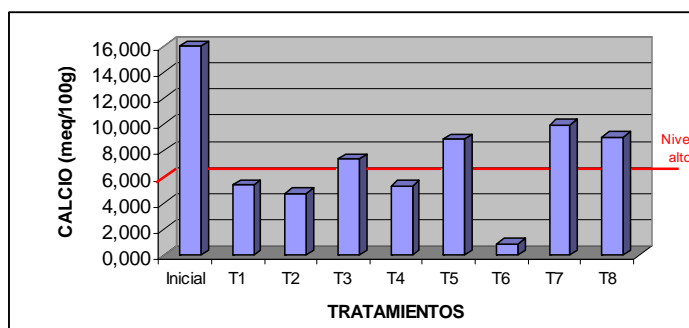
(compost + mulch + gallinaza + fertilizante químico + E.M.), también favorecen el aumento de ésta variable, por ser la combinación de los demás tratamientos, mejorando las condiciones físico-químicas del suelo.<sup>88</sup>

**Tabla 15.** Base Calcio en el suelo.

TRATAMIENTO	CALCIO (meq /100g)
Inicial	15,979
T 1	5,378
T 2	4,709
T 3	7,381
T 4	5,347
T 5	8,873
T 6	0,892
T 7	10,006
T 8	9,031

Fuente: Las Autoras, 2005.

**Figura 19.** Variación de Calcio por tratamiento en el suelo.



Fuente: Las Autoras. 2005.

El análisis de varianza muestra una probabilidad de 0.0001, lo que indicó que hay grandes diferencias entre tratamientos, rechazando la hipótesis nula. Al aplicar las pruebas de comparación de Duncan entre tratamientos, se presentaron cuatro grupos confirmando así el comportamiento de las variables antes analizadas.

<sup>88</sup>ABONOS ORGANICOS (s.f). Recuperado el 20 de Septiembre de 2005, de [http://www.proexant.org.ec/Abonos\\_Org%C3%A1nicos.html](http://www.proexant.org.ec/Abonos_Org%C3%A1nicos.html)

**Tabla 16.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de la variación de Calcio por tratamiento.

The SAS System General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: CA					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	186.97570735	26.71081534	15.20	0.0001
Error	16	28.11900417	1.75743776		
Corrected Total	23	215.09471152			

The SAS System  
Duncan's Multiple Range Test for variable: CA  
Means with the same letter are not significantly different

Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM
A	10.006	3	CMG_EM
A			
B A	9.031	3	CMGFq_EM
B A			
B A	8.873	3	Gallinaza_EM
B A			
B C	7.381	3	Compost_EM
C			
D C	5.378	3	CControl
D C			
D C	5.347	3	Mulch_EM
D C			
D	4.709	3	EM
D			
E	0.892	3	FertQuim_EM

Fuente: Datos de las Autoras, SAS, 2005.

**5.3.1.1 Análisis de Calcio (Ca) en relación Suelo – Planta.** Al finalizar la investigación, se presentó una relación inversamente proporcional, ya que las plantas nuevas absorbieron más Calcio que las plantas antiguas, como se muestra en las figuras 20 (Variación del calcio en plantas antiguas) y 21 (Variación del calcio en plantas nuevas), exceptuando en los tratamientos T2 (E.M.) y T7 (Compost + Mulch + Gallinaza + E.M.) en donde las plantas antiguas absorbieron más que las nuevas y en el T5 (Gallinaza + E.M) donde plantas antiguas y nuevas mantienen el mismo nivel de absorción, debido a la aplicación de gallinaza + E.M.

Las plantas antiguas de todos los tratamientos, menos el T5 (gallinaza + E.M.), y las nuevas de los tratamientos T1 (testigo), T2 y T7 están con niveles deficientes de Calcio según la tabla de interpretación de datos de Chapman (anexo E)<sup>89</sup>. De acuerdo a la misma tabla, las plantas nuevas de los tratamientos T4, T5, T6 y T8 tienen niveles adecuados de esta base.

De lo anterior se deduce que E.M. en plantas antiguas no contribuye a que haya una absorción apropiada de Ca cuando se aplica solo, con abonos orgánicos

<sup>89</sup>Chapman H. Diagnostic Criteria for plants and soils. Universidad de California. USA 1980. Unidades en meq/100g con la colaboración de la Ingeniera Rosalina González. Universidad de la Salle.

como mulch y compost, en mezcla con otros abonos orgánicos (Compost + mulch + gallinaza), ó mezcla de abonos orgánicos + fertilización química. Se obtienen niveles apropiados de Calcio en plantas de antiguas al aplicar E.M. con gallinaza. Esto se puede explicar a partir de la tabla Análisis de Abonos Aplicados en el anexo K, donde se observa que la gallinaza tiene un valor de 428.750 meq/100g de Calcio.

Como se puede constatar con el análisis morfológico (anexo I: consolidado y gráfica de No. de hojas por tratamiento en plantas nuevas y antiguas), una deficiencia de Calcio puede inhibir el desarrollo de los tallos de las plantas<sup>90</sup>.

El tratamiento T6 que presenta menor valor de Ca en el suelo concuerda con la planta nueva que tiene más Ca en su tejido foliar, y, en general, las plantas nuevas que se encuentran en suelos que contienen fertilizante químico + E.M., absorbieron más calcio, por lo tanto, se dedujo que la fertilización química es la que contribuye a que las éstas plantas absorban más calcio.

Ni las plantas nuevas ni las antiguas presentan niveles tóxicos de Calcio a nivel foliar, ya que ninguna alcanza un valor cercano a 87.5 meq/100g.<sup>91</sup>

**Tabla 17.** Calcio en plantas antiguas.

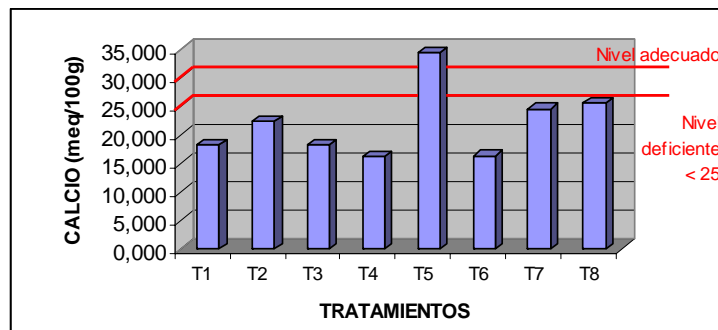
TRATAMIENTO	CALCIO (meq/100g)
1	18,199
2	22,339
3	18,272
4	16,110
5	34,439
6	16,355
7	24,571
8	25,632

**Fuente:** Las Autoras, 2005.

<sup>90</sup> Calderón Sáenz, Felipe. Concepción moderna de la nutrición vegetal. En: Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Tercera Edición. Bogotá D.C.: 2000. P322

<sup>91</sup>Chapman. Op.cit

**Figura 20.** Variación de calcio en plantas antiguas.



**Fuente:** Las Autoras, 2005.

El análisis estadístico determina una probabilidad de 0.0239, que indica la existencia de diferencias entre tratamientos, pero al no ser ese valor contundente se aplicó la prueba de comparación de Duncan.

Como resultado de ésta, se confirma que efectivamente hay diferencias significativas entre tratamientos, determinándose la hipótesis alternativa para esta variable.

**Tabla 18.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de Calcio en plantas antiguas.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: CA					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	808.71538248	115.53076893	3.26	0.0239
Error	16	567.37597685	35.46099855		
Corrected Total	23	1376.09135932			

The SAS System  
Duncan's Multiple Range Test for variable: CA  
Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM
A	34.439	3	Gallinaza_EM
A			
B A	25.632	3	CMGFq_EM
B A			
B A	24.571	3	CMG_EM
B			
B	22.339	3	EM
B			
B	18.272	3	Compost_EM
B			
B	18.199	3	CCControl
B			
B	16.355	3	FertQuim_EM
B			
B	16.110	3	Mulch_EM

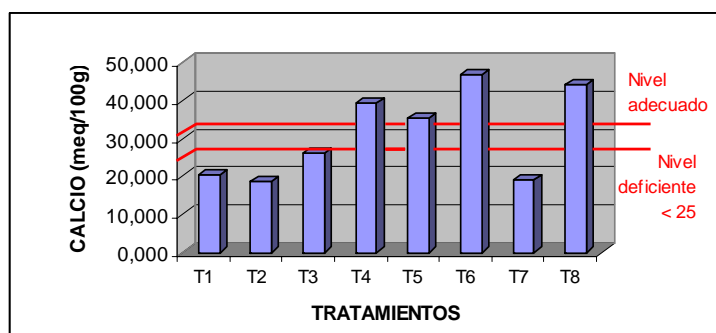
**Fuente:** Datos de las Autoras, SAS, 2005.

**Tabla 19.** Calcio en plantas nuevas.

TRATAMIENTO	CALCIO (meq/100g)
T1	20,230
T2	18,634
T3	26,069
T4	39,430
T5	35,480
T6	46,702
T7	19,096
T8	44,074

Fuente: Las Autoras, 2005.

**Figura 21.** Variación de calcio en plantas nuevas.



Fuente: Las Autoras, 2005.

Estadísticamente se considera que hay diferencias significativas entre tratamientos, porque el análisis arrojó un valor de 0.0985 para F, es decir, que se acepta la hipótesis alternativa. Esta afirmación se confirma claramente mediante la prueba de comparación de Duncan.

**Tabla 20.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de Calcio en plantas nuevas.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	2829.46319977	404.20902854	2.14	0.0985
Error	16	3023.07831060	188.94239441		
Corrected Total	23	5852.54151037			

The SAS System  
Duncan's Multiple Range Test for variable: CA  
Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM
A	46.70	3	FertQuim_EM

	A			
B	A	44.07	3	CMGFq_EM
B	A			
B	A	39.43	3	Mulch_EM
B	A			
B	A	35.48	3	Gallinaza_EM
B	A			
B	A	26.07	3	Compost_EM
B	A			
B	A	20.23	3	CCControl
B				
B		19.10	3	CMG_EM
B				
B		18.63	3	EM

Fuente: Datos de las Autoras, SAS, 2005.

**5.3.2 Magnesio (Mg).** La figura 22 y la tabla 21 indican que la muestra inicial y los tratamientos T1 (testigo), T2 (E.M.), T3 (Compost + E.M.), T4 (Mulch + E.M.), T5 (gallinaza + E.M.) y T7 (abonos orgánicos + E.M.) se encuentran dentro de un rango alto según la tabla 4 y los tratamientos T6 (fertilización química + E.M.) y T8 (abonos orgánicos + fertilización química + E.M.) están en un nivel bajo, porque los fertilizantes químicos no proporcionan ni permiten la fijación del Magnesio en el suelo.

En el análisis morfológico (anexo I) se pudo observar que mientras las plantas con alto contenido de magnesio estaban verdes, las de los tratamientos con bajo contenido de magnesio se comenzaron a secar y sus hojas tomaron un color amarillo – café. Esto, debido a que el magnesio es un componente importante en la clorofila, según describe el Ingeniero Ricardo Guerrero Riascos.<sup>92</sup>

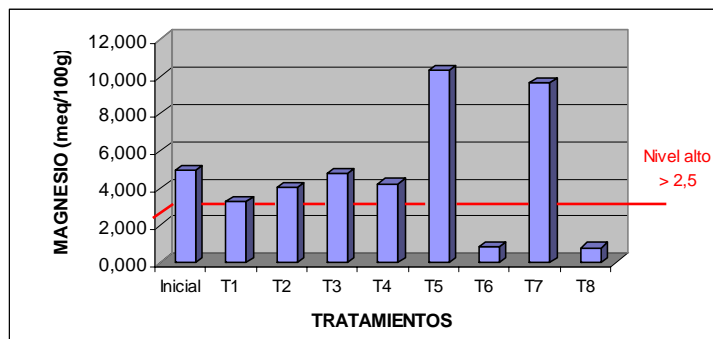
**Tabla 21.** Base Magnesio en el suelo.

TRATAMIENTO	MAGNESIO (meq/100g)
Inicial	4,926
T 1	3,267
T 2	4,018
T 3	4,755
T 4	4,221
T 5	10,349
T 6	0,802
T 7	9,636
T 8	0,792

Fuente: Las Autoras, 2005.

<sup>92</sup>GUERRERO RIASCOS, Ricardo. Suelos. Departamento de Suelos y Aguas. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1995. p 99.

**Figura 22.** Variación de Magnesio por tratamiento.



**Fuente:** Las Autoras. 2005.

El análisis de varianza arrojó un valor de probabilidad de 0.0001, que evidencia diferencias significativas entre tratamientos, aceptando la hipótesis alternativa. Posteriormente se aplicó las pruebas de comparación de medias de Duncan, las cuales reflejaron que efectivamente las diferencias significativas están en los T6 y T8 obteniendo valores de 0.8025 y 0.7915 respectivamente.

**Tabla 22.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de Variación de Magnesio por tratamiento.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: MG					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	268.45664802	38.35094972	80.94	0.0001
Error	16	7.58144558	0.47384035		
Corrected Total	23	276.03809360			

The SAS System				
Duncan's Multiple Range Test for variable: MG				
Means with the same letter are not significantly different.				
Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM	
A	10.3488	3	Gallinaza_EM	
A				
A	9.6361	3	CMG_EM	
B	4.7553	3	Compost_EM	
B				
C B	4.2208	3	Mulch_EM	
C B				
C B	4.0180	3	EM	
C B				
C	3.2669	3	CCControl	
D	0.8025	3	FertQuim_EM	
D				
D	0.7915	3	CMGFq_EM	

**Fuente:** Datos de las Autoras, SAS, 2005.



**5.3.2.1 Análisis de Magnesio (Mg) en relación Suelo – Planta.** El magnesio para las plantas antiguas indica un alto valor correspondiente al tratamiento T 7 (Abonos orgánicos + E.M.) (15,236 meq/100g de suelo) y un valor mínimo para el T 2 (E.M.) (7,711 meq/100g de suelo), como se muestra en la figura 23 y en la tabla 23.

Los tratamientos que mantuvieron similares niveles de absorción tanto en plantas antiguas como nuevas son el T2 (E.M.) y T3 (Compost + E.M.). Los tratamientos que menos Magnesio absorbieron en plantas nuevas fueron los tratamientos T1 (testigo), T2 y T3 y en plantas antiguas el T 1, T 2, T 3 y T 4 (mulch + E.M.).

Los tratamientos en donde absorbieron más las plantas nuevas que las antiguas fueron T4, T5, T6 y T8

La gallinaza aporta mayor contenido de Magnesio que los otros abonos orgánicos en plantas antiguas y nuevas.

E.M. aplicado con Compost no facilita el incremento de Magnesio para las plantas porque a los 4 meses de investigación no se ha dado el proceso de mineralización. Igualmente E.M. aplicado solo no funciona.

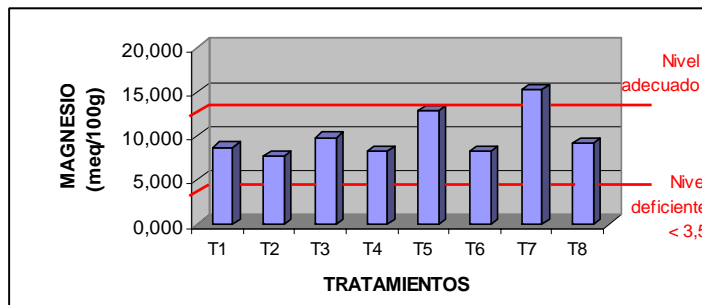
El mejor tratamiento es el T7 en plantas antiguas atribuido esto a la mezcla de los abonos orgánicos con E.M. y en plantas nuevas el T8, debido tal vez a su fisionomía.

**Tabla 23.** Magnesio en plantas antiguas.

TRATAMIENTO	MAGNESIO (meq/100g)
T1	8,716
T2	7,711
T3	9,818
T4	8,275
T5	12,915
T6	8,263
T7	15,236
T8	9,149

**Fuente:** Las Autoras, 2005.

**Figura 23.** Variación de magnesio en plantas antiguas.



**Fuente:** Las Autoras. 2005.

El análisis de la variable magnesio para plantas antiguas muestra un valor F de 0.1429 indicando que estadísticamente hay algunas diferencias entre tratamientos. Para comprobar esto se aplicó el análisis de comparación entre variables de Duncan, el cual arrojó efectivamente que aunque no son marcadas, si existen diferencias entre tratamientos. Entonces se acepta la hipótesis alternativa.

**Tabla 24.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de Magnesio en plantas antiguas.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: MG					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	148.63697468	21.23385353	1.87	0.1429
Error	16	182.15365569	11.38460348		
Corrected Total	23	330.79063037			

The SAS System			
Duncan's Multiple Range Test for variable: MG			
Means with the same letter are not significantly different.			
Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM
A	15.236	3	CMG_EM
A			
B A	12.915	3	Gallinaza_EM
B A			
B A	9.818	3	Compost_EM
B A			
B A	9.149	3	CMGFq_EM
B			
B	8.716	3	CControl
B			
B	8.275	3	Mulch_EM
B			
B	8.263	3	FertQuim_EM
B			
B	7.711	3	EM

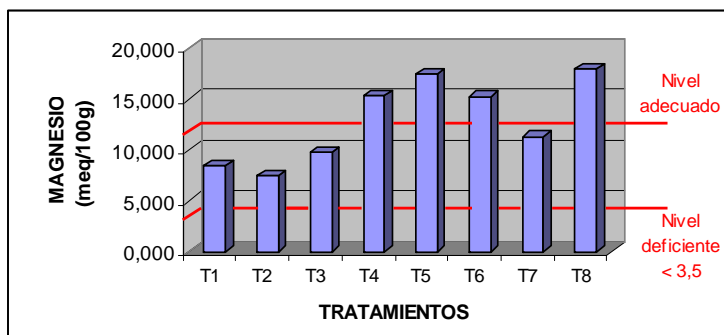
**Fuente:** Datos de las Autoras, SAS, 2005.

**Tabla 25.** Magnesio en plantas nuevas.

TRATAMIENTO	MAGNESIO (meq/100g)
T1	8,410
T2	7,499
T3	9,784
T4	15,343
T5	17,524
T6	15,237
T7	11,317
T8	18,020

Fuente: Las Autoras, 2005.

**Figura 24.** Variación de magnesio en plantas nuevas.



Fuente: Las Autoras, 2005.

El análisis de varianza muestra una probabilidad F de 0.2390, lo que significa que estadísticamente no hay diferencias entre tratamientos, rechazando la hipótesis alternativa.

**Tabla 26.** Análisis de varianza para la evaluación de Magnesio en plantas nuevas.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: MG					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	361.74577968	51.67796853	1.49	0.2390
Error	16	553.97321189	34.62332574		
Corrected Total	23	915.71899158			

Fuente: Datos de las Autoras, SAS, 2005.

**5.3.3 Sodio (Na).** Como se observa en la tabla 27 y la figura 25 los tratamientos T 3 (Compost + E.M.), T 5 (gallinaza + E.M.), T 6 (fertilización química + E.M.), T 7 (abonos orgánicos + E.M.) y T 8 (abonos orgánicos + fertilización química + E.M.) presentan valores superiores a 1.0 y según la tabla 4, un contenido apropiado de

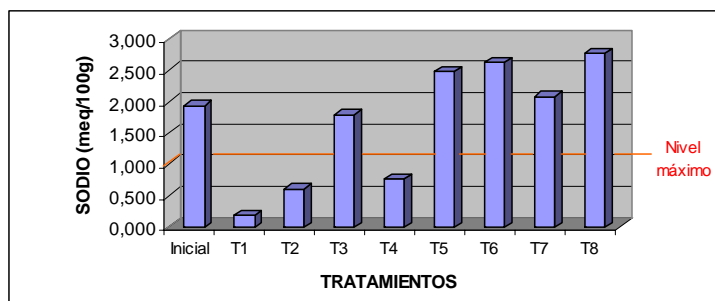
sodio en el suelo debe ser menor a éste. Estas cantidades encontradas hacen que el suelo se torne tóxico<sup>93</sup>, ocasionando que la planta no absorba los iones de igual forma. Se encuentran en un valor óptimo los tratamientos T 1 (testigo), T 2 (E.M.), y T 4 (Mulch + E.M.).

**Tabla 27.** Base Sodio en el suelo.

TRATAMIENTO	SODIO (meq/100g)
Inicial	1,936
T 1	0,189
T 2	0,603
T 3	1,793
T 4	0,760
T 5	2,477
T 6	2,618
T 7	2,077
T 8	2,771

Fuente: Las Autoras, SAS, 2005.

**Figura 25.** Variación de Sodio por tratamiento.



Fuente: Las Autoras, 2005.

La variable sodio muestra una probabilidad de 0.0104, demostrando que hay diferencias significativas entre los tratamientos, reconociendo entonces la existencia de una hipótesis alternativa. Así como se evidenció en la figura 25, la prueba de comparación de medias de Duncan también encontró que los tratamientos T3 (Compost + E.M.), T5 (gallinaza + E.M.), T6 (fertilización química + E.M.), T7 (abonos orgánicos + E.M.) y T 8 (abonos orgánicos + fertilización química + E.M.) están fuera del límite, mientras que los tratamientos T 1 (testigo), T 2 (E.M.), y T 4 (Mulch + E.M.) están dentro del rango permisible.

<sup>93</sup>Galiano Sedano, Francisco. En: Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Tercera Edición. Bogotá D.C.: 2000. p178.

**Tabla 28.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de variación de Sodio por tratamiento.

The SAS System General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: NA					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	21.30591663	3.04370238	3.99	0.0104
Error	16	12.20295841	0.76268490		
Corrected Total	23	33.50887504			

The SAS System Duncan's Multiple Range Test for variable: NA Means with the same letter are not significantly different.				
Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM	
A	2.7708	3	CMGFq_EM	
A				
A	2.6179	3	FertQuim_EM	
A				
A	2.4773	3	Gallinaza_EM	
A				
B A	2.0773	3	CMG_EM	
B A				
B A C	1.7933	3	Compost_EM	
B C				
B C	0.7599	3	Mulch_EM	
B C				
B C	0.6034	3	EM	
C				
C	0.1889	3	CCControl	

Fuente: Datos de las Autoras, SAS, 2005.

**5.3.3.1 Análisis de Sodio (Na) en relación Suelo – Planta.** Los tratamientos T5 (gallinaza + E.M.), T6 (fertilización química + E.M. y T8 (abonos orgánicos + fertilización química + E.M.) son los que presentan mayor contenido de sodio en el suelo y por esta razón las plantas que se observaron con niveles tóxicos son aquellas que pertenecen a estos tratamientos.

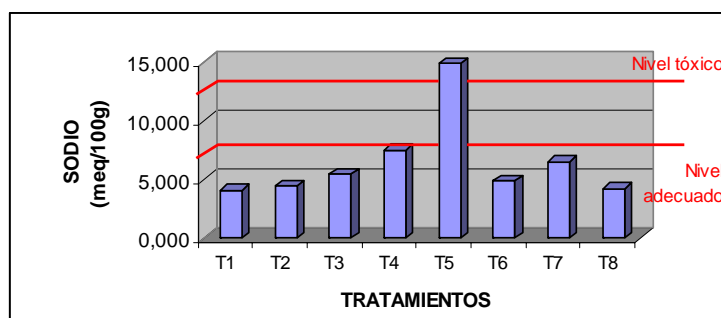
En la figura 26 y la tabla 29, correspondientes a plantas antiguas, el T5 alcanza un nivel tóxico, atribuido en parte al alto contenido de sodio de la gallinaza, tal como se muestra en el análisis de abonos aplicados (anexo I) y otra parte, a que absorbió sodio del suelo. Los demás tratamientos se encuentran dentro de un nivel adecuado.

**Tabla 29.** Sodio en plantas antiguas.

TRATAMIENTO	SODIO (meq/100g)
T1	4,076
T2	4,455
T3	5,442
T4	7,527
T5	14,862
T6	4,866
T7	6,508
T8	4,178

Fuente: Las Autoras, SAS, 2005.

**Figura 26.** Variación del sodio en plantas antiguas.



Fuente: Las Autoras. 2005.

El análisis para esta variable es de 0.1099, determinando que estadísticamente no hay diferencias significativas entre todos los tratamientos. Para confirmar esto, se realizó la prueba de comparación de Duncan, encontrando que esta apreciación es totalmente cierta. Para este caso se dice que se acepta la hipótesis alternativa.

**Tabla 30.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de Sodio en plantas antiguas.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: NA					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	270.67290388	38.66755770	2.06	0.1099
Error	16	300.58717658	18.78669854		
Corrected Total	23	571.26008046			

The SAS System

Duncan's Multiple Range Test for variable: NA  
Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM
A	14.862	3	Gallinaza_EM
A			
B	7.527	3	Mulch_EM
B			
B	6.508	3	CMG_EM
B			
B	5.442	3	Compost_EM
B			
B	4.866	3	FertQuim_EM
B			
B	4.455	3	EM
B			
B	4.178	3	CMGFq_EM
B			
B	4.076	3	CControl

Fuente: Datos de las Autoras, SAS, 2005.

Con relación a la gráfica de sodio en plantas nuevas (figura 27), se observa que los tratamientos T6 (fertilización química + E.M.) y el T8 (abonos orgánicos + E.M. + fertilización química) presentan niveles tóxicos, porque hay aportes del suelo y de la fertilización química. En tercer lugar se observó el tratamiento que contiene gallinaza + E.M.

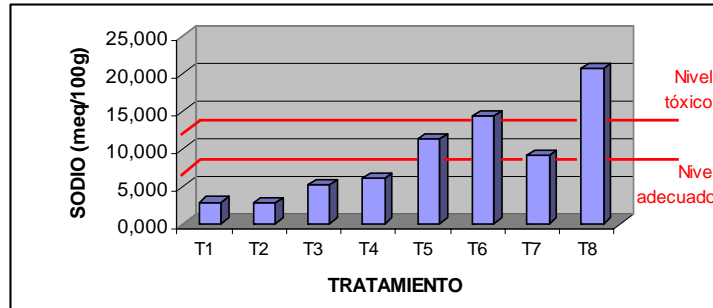
De manera general, todos los tratamientos que presentan valores superiores a 1.0 en el suelo, coinciden con la descripción dada para los análisis foliares.

**Tabla 31.** Sodio en plantas nuevas.

TRATAMIENTO	SODIO (meq/100g)
T1	2,888
T2	2,814
T3	5,153
T4	6,007
T5	11,289
T6	14,366
T7	9,082
T8	20.708

Fuente: Las Autoras, SAS, 2005.

**Figura 27.** Variación de Sodio en plantas nuevas.



Fuente: Las Autoras. 2005.

El análisis de varianza señala que para la variable sodio existe una diferencia entre los tratamientos, pero como el valor no era contundente, se aplicaron las pruebas de comparación de Duncan.

La prueba de Duncan encontró que el valor más alto lo tiene el T8 (combinación de abonos orgánicos +Fertilizantes químicos + E.M.) con 20.708, mientras que el E.M. tiene el valor más bajo (2.814).

**Tabla 32.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de Sodio en plantas nuevas.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: NA					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	811.44246539	115.92035220	2.39	0.0703
Error	16	774.88320448	48.43020028		
Corrected Total	23	1586.32566987			

The SAS System			
Duncan's Multiple Range Test for variable: NA			
Means with the same letter are not significantly different.			
Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM
A	20.708	3	CMGFq_EM
B A	14.366	3	FertQuim_EM
B A	11.289	3	Gallinaza_EM
B A	9.082	3	CMG_EM
B A	6.007	3	Mulch_EM
B	5.153	3	Compost_EM
B	2.888	3	CCControl
B	2.814	3	EM

Fuente: Datos de las Autoras, SAS, 2005.



**5.3.4 Potasio (K).** La figura 28 y la tabla 33 indican que todos los tratamientos, incluyendo la muestra inicial está en un alto rango, según la tabla 4 del ICA. Para potasio, según Chapman, se considera que un suelo es tóxico cuando se tiene un valor mayor a 0.6 meq/100g. Por esta razón todos los tratamientos, excepto el T8, se encuentran en ésta condición.

Sin embargo, se establece que los valores más altos como son el del los tratamientos T 3 (Compost + E.M.), T 5 (gallinaza + E.M.) y T 7 (abonos orgánicos + E.M.) están dados de acuerdo a la alta disponibilidad de materia orgánica, pues actúan como activador de carbohidratos<sup>94</sup>; mientras que los demás tratamientos están relacionados o con la fertilización química, o como en el caso del T 1 (testigo) y T 2 (E.M.) que contienen baja concentración de materia orgánica o también se pudo dar que el potasio fue absorbido por las plantas.

Como indica Estrada<sup>95</sup>, la secuencia de retención catiónica es  $Ca^{++} > Mg^{++} > Na^{+} > K^{+}$ , y generalmente es el orden de abundancia de las bases cambiables. Esto explica que en el suelo se absorban más el Calcio, el Magnesio y el Sodio teniendo la posibilidad de ser absorbidos por las plantas, mientras que el potasio no.

**Tabla 33.** Base Potasio en el suelo.

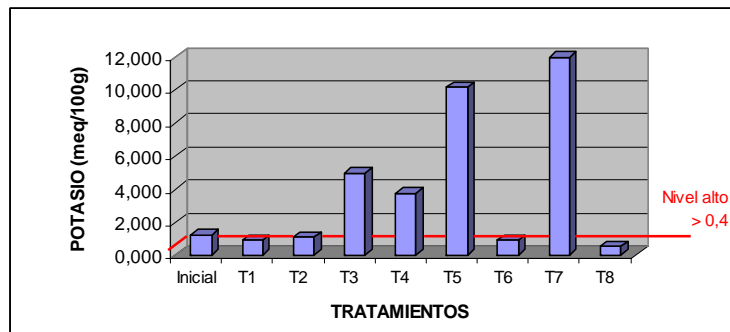
TRATAMIENTO	POTASIO (meq/100g)
Inicial	1,254
T 1	0,898
T 2	1,094
T 3	4,968
T 4	3,739
T 5	10,164
T 6	0,889
T 7	11,997
T 8	0,528

Fuente: Las Autoras, 2005.

<sup>94</sup> LEÓN S. LUIS ALFREDO. Los elementos mayores nitrógeno, fósforo y Potasio en el suelo. En: Fundamentos para la interpretación. Op cit. P193.

<sup>95</sup> ESTRADA, GABRIELA. En: Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Tercera Edición. Bogotá D.C.: 2000. p202.

**Figura 28.** Variación de Potasio por tratamiento.



**Fuente:** Las Autoras.2005.

El análisis de varianza para potasio muestra una probabilidad de 0.0001. Lo que quiere decir que hay diferencias significativas entre tratamientos, y esto se confirma con los resultados obtenidos de la prueba de comparación de Duncan, la cual indicó que los tratamientos T 3 (Compost + E.M.), T 5 (gallinaza + E.M.) y T 7 (abonos orgánicos + E.M.) tienen los valores más altos.

**Tabla 34.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de Variación de Potasio por tratamiento.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: K					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	426.33067440	60.90438206	247.71	0.0001
Error	16	3.93388322	0.24586770		
Corrected Total	23	430.26455762			

The SAS System  
Duncan's Multiple Range Test for variable: K  
Means with the same letter are not significantly different.

Duncan	Grouping	Mean	N	TRATAM
	A	11.9974	3	CMG_EM
	B	10.1645	3	Gallinaza_EM
	C	4.9684	3	Compost_EM
	D	3.7390	3	Mulch_EM
	E	1.0937	3	EM
	E	0.8985	3	CControl
	E	0.8891	3	FertQuim_EM
	E	0.5285	3	CMGFq_EM

**Fuente:** Datos de las Autoras, SAS, 2005.

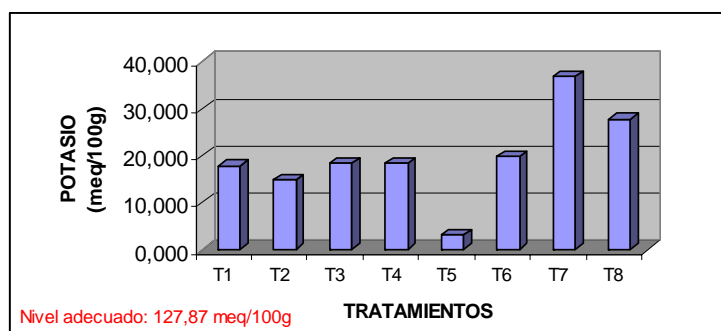
**5.3.4.1 Análisis de Potasio (K) en relación Suelo – Planta.** Todos los tratamientos tanto en plantas antiguas como nuevas presentan deficiencia de potasio (menor a 102,3 meq/100g). Esto se puede explicar por el efecto antagónico del magnesio sobre el potasio, como explica Lora<sup>96</sup>, puede haber una disminución en el rendimiento de la planta debido al exceso de magnesio. La figura 29 y la tabla 35 explica que el tratamiento que presentó mayor nivel de absorción de potasio en las plantas antiguas fue el T 7 (abonos orgánicos + E.M.), mientras que el de menor absorción fue el T5 (gallinaza + E.M.).

**Tabla 35.** Potasio en plantas antiguas.

TRATAMIENTO	POTASIO (meq/100g)
T1	17,914
T2	14,835
T3	18,404
T4	18,371
T5	3,166
T6	19,730
T7	36,955
T8	27,761

Fuente: Las Autoras, 2005.

**Figura 29.** Variación de potasio en plantas antiguas.



Fuente: Las Autoras, 2005.

El valor obtenido del análisis estadístico para esta variable es de 0.0133, determinando que no existen diferencias significativas entre tratamientos. Esta apreciación se contradice al realizar la prueba de comparación de Duncan, la cual encontró que hay grandes diferencias entre todos los tratamientos y ratificando una hipótesis alternativa.

<sup>96</sup> LORA SILVA, RODRIGO. Factores que afectan la disponibilidad de los nutrientes para las plantas. En: Fertilidad de suelos. Diagnóstico y control. P95.

**Tabla 36.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de Potasio en plantas antiguas.

The SAS System General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: K					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	1999.11270711	285.58752959	3.77	0.0133
Error	16	1212.58911473	75.78681967		
Corrected Total	23	3211.70182184			

The SAS System  
Duncan's Multiple Range Test for variable: K  
Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping		Mean	N	TRATAM
	A	36.955	3	CMG_EM
	A			
B	A	27.761	3	CMGFq_EM
B				
B	C	19.730	3	FertQuim_EM
B	C			
B	C	18.404	3	Compost_EM
B	C			
B	C	18.371	3	Mulch_EM
B	C			
B	C	17.914	3	CCControl
B	C			
B	C	14.835	3	EM
	C			
	C	3.166	3	Gallinaza_EM

**Fuente:** Datos de las Autoras, SAS, 2005.

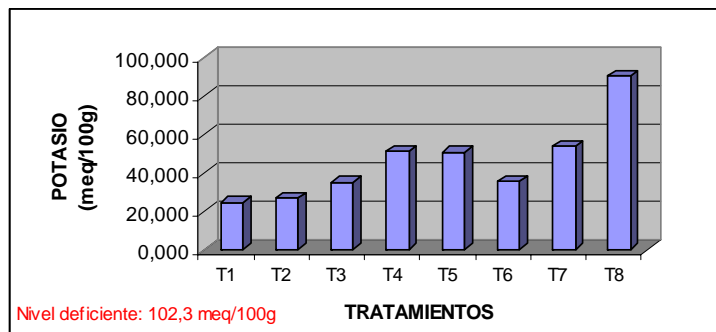
El análisis de la variable potasio en plantas nuevas muestra que el T8 (abonos orgánicos + E.M. + fertilización química) presento mayor absorción y, en general, en las plantas nuevas se encontró mayor cantidad de potasio que en las antiguas debido a su fisionomía y a que su aspecto radical era mejor en el momento de la siembra.

**Tabla 37.** Potasio en plantas nuevas.

TRATAMIENTO	POTASIO (meq/100g)
T1	24,714
T2	26,609
T3	35,168
T4	51,417
T5	50,708
T6	35,342
T7	53,861
T8	90,471

**Fuente:** Las Autoras, 2005.

**Figura 30.** Variación de potasio en plantas nuevas.



**Fuente:** Las Autoras. 2005.

El análisis de varianza muestra una probabilidad para el valor F de 0.2957, lo que significa que estadísticamente hay diferencias entre tratamientos. Por esta razón se rechaza la hipótesis nula. Esto se confirma con el test de Duncan que no observa comparaciones importantes.

**Tabla 38.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de Potasio en plantas nuevas.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: K					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	9452.82324125	1350.40332018	1.34	0.2957
Error	16	16143.55537753	1008.97221110		
Corrected Total	23	25596.37861877			

The SAS System  
Duncan's Multiple Range Test for variable: K  
Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM
A	90.47	3	CMGFq_EM
A			
B A	53.86	3	CMG_EM
B A			
B A	51.42	3	Mulch_EM
B A			
B A	50.71	3	Gallinaza_EM
B A			
B A	35.34	3	FertQuim_EM
B A			
B A	35.17	3	Compost_EM
B			
B	26.61	3	EM
B			
B	24.71	3	CControl

**Fuente:** Datos de las Autoras, SAS, 2005.

## 5.4 SATURACIÓN DE BASES

Según la tabla del IGAC (anexo E) el tratamiento T6 se encuentra en un nivel bajo de saturación de bases, el T8 en nivel medio y el resto de los tratamientos en nivel alto.

Este análisis confirma que la proporción de cationes cambiables constituido por bases aumenta a medida que el suelo se saliniza.

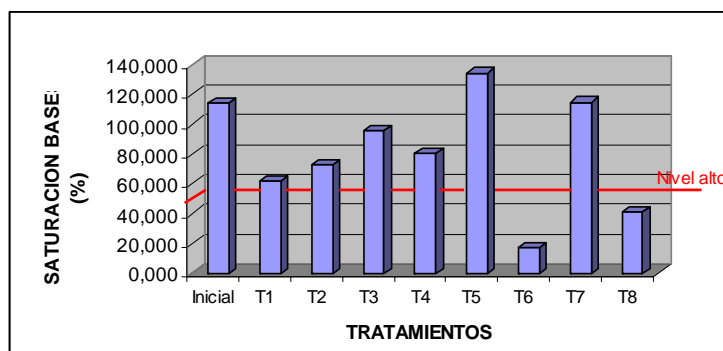
Comparando la grafica de saturación de bases y la de sodio en el suelo presentan un comportamiento inversamente proporcional, exceptuando los tratamientos T6 y T8, lo que quiere decir que la fertilización química baja los niveles de algunas bases en el suelo y aumentándolo en las plantas. Cuando el porcentaje de saturación de bases está por debajo del 35%, como en el T6, se dice que hay poca disponibilidad de nutrientes para las plantas.

**Tabla 39.** Datos Porcentuales de Saturación de Bases

TRATAMIENTO	% SATURACION
Inicial	113,652
T1	62,122
T2	72,724
T3	95,766
T4	80,226
T5	134,256
T6	17,633
T7	114,681
T8	40,920

Fuente: Las Autoras, 2005.

**Figura 31.** Porcentaje de Saturación de Bases



Fuente: Las Autoras, 2005.

El valor F arrojado por el análisis de varianza es 0.0001, indicando que hay diferencias significativas entre tratamientos, lo que demuestra la existencia de una hipótesis alternativa.

La confirmación de esta apreciación se da porque la prueba del rango múltiple de Duncan, muestra que efectivamente hay grandes diferencias entre los tratamientos.

**Tabla 40.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de Saturación de Bases.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: SATURBAS					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	30980.19412034	4425.74201719	25.18	0.0001
Error	16	2812.28407006	175.76775438		
Corrected Total	23	33792.47819040			

The SAS System				
General Linear Models Procedure				
Duncan's Multiple Range Test for variable: SATURBAS				
Means with the same letter are not significantly different.				
Duncan Grouping		Mean	N	TRATAM
	A	134.50	3	Gallinaza_EM
	A			
B	A	117.23	3	CMG_EM
B				
B	C	95.82	3	Compost_EM
	C			
D	C	81.30	3	Mulch_EM
D	C			
D	C	75.03	3	EM
D				
D	E	62.33	3	CCControl
	E			
	E	40.82	3	CMGFq_EM
	F	17.75	3	FertQuim_EM

**Fuente:** Datos de las Autoras, SAS, 2005.

## 5.5 ANALISIS DE RELACIONES ENTRE ELEMENTOS

Las relaciones entre elementos se calcularon a partir de los valores de las bases intercambiables hallados anteriormente.

**5.5.1 Relación Ca/Mg.** Para la interpretación de los resultados de la relación Ca/Mg se toma como base la interpretación dada por el IGAC, tabla que se presenta en el Anexo D.

Según la tabla del anexo D la relación Ca/Mg en estudio, se encuentra por debajo del nivel ideal para todos los tratamientos, es decir, por debajo de 2;

excepto el T8 (abonos orgánicos + fertilizantes químicos + E.M) que tiene un valor elevado, correspondiente a 11.40, fomentando la mayor absorción de Calcio.

Para el T5 (gallinaza + E.M.) se observa un valor de 0.857. Esto quiere decir que se presenta un exceso de magnesio para este tratamiento, según Calderón Sáenz, este exceso provoca reducción en el crecimiento de la planta y distribución irregular de clorofila<sup>97</sup>.

En general, cuando la relación Ca/Mg es invertida (valores inferiores a 3) puede provocar una absorción alta de Magnesio y en tal caso puede presentarse síntomas de toxicidad de Mg, mas bien que de deficiencias de Calcio<sup>98</sup>.

La relación Ca/Mg ideal se presenta entonces, únicamente para la muestra de suelo inicial, que tiene un valor de 3.244.

Analizando el efecto de la relación Ca/Mg con los valores de pH se tiene que los tratamientos T6, T7 y T8 donde la absorción de Calcio es mayor que la de Magnesio coincide con lo mencionado con Marín a cerca de que en suelos con pH superiores a 7.3 la absorción de Calcio es dependiente de la relación Ca/Mg y cuando se presenta un pH inferior a 7.3 la absorción de Calcio y Magnesio no son mayormente afectados por la relación Ca/Mg<sup>99</sup>.

Otro aspecto directamente afectado por la relación Ca/Mg es la producción primaria bruta (PPB) que esta determinada por el aumento en el número de ramas, hojas y grosor del tallo, aspectos importantes a tener en cuenta en la reforestación de un suelo. Dicha producción aumenta cuando la relación Ca/mg es mayor.

**Tabla 41.** Relación Ca/Mg.

TRATAMIENTOS	RELACION Ca/Mg (meq/100g)
Inicial	3,244
1	1,646
2	1,172
3	1,552
4	1,267
5	0,857
6	1,112
7	1,038
8	11,409

**Fuente:** Las Autoras, 2005.

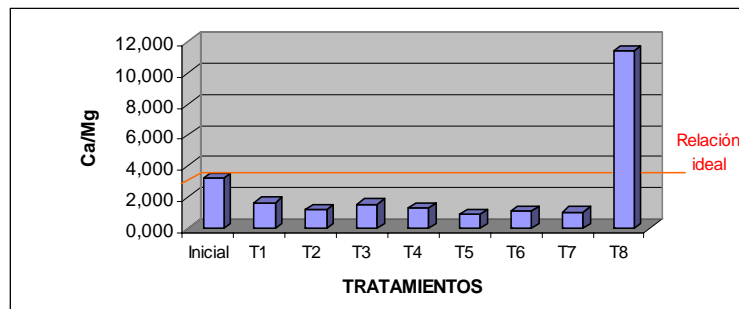
<sup>97</sup>CALDERON SAENZ. Op Cit., p 322.

<sup>98</sup>MARIN, GILDARDO. Fertilidad de suelos con énfasis en Colombia. Instituto Agropecuario ICA. 1990 p117

<sup>99</sup>Ibid



**Figura 32.** Relación Ca/Mg entre tratamientos.



**Fuente:** Las Autoras. 2005.

El análisis de varianza y la prueba F para esta relación muestra una probabilidad de 0.0793, valor que reflejó diferencias significativas entre los tratamientos, confirmando una hipótesis alternativa, pero para saber cuales eran los tratamientos que representaban dichas diferencias se corrieron las pruebas de comparación de Duncan y ciertamente se encontró que es tratamiento T8 (abonos orgánicos + fertilizantes químicos + E.M) es el que contiene una gran diferencia con respecto a los demás.

**Tabla 42.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de la relación Ca/Mg entre tratamientos.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: RELCA_MG					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	841.67445342	120.23920763	2.30	0.0793
Error	16	835.85978240	52.24123640		
Corrected Total	23	1677.53423582			

The SAS System			
Duncan's Multiple Range Test for variable: RELCA_MG			
Means with the same letter are not significantly different.			
Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM
A	11.409	3	CMGFq_EM
B	1.646	3	CControl
B	1.552	3	Compost_EM
B	1.267	3	Mulch_EM
B	1.172	3	EM
B	1.112	3	FertQuim_EM
B	1.038	3	CMG_EM
B	0.857	3	Gallinaza_EM

**Fuente:** Datos de las Autoras, SAS, 2005.

**5.5.2 Relación Ca/K.** De acuerdo con la tabla del IGAC (anexo D), el único tratamiento que se acerca a la relación ideal es el T1 (Testigo), que tiene un valor de 5.986. Las demás estimaciones se encuentran fuera del nivel ideal.

El suelo inicial y el T8 (abonos orgánicos + E.M. + fertilización química) presentan valores muy bajos de potasio, promoviendo más al absorción de Calcio; mientras que los tratamientos T5 (gallinaza + E.M.) y T7 (abonos orgánicos + E.M.) presentan valores bajos de calcio, promoviendo más la absorción de Potasio.

Se considera que para que haya deficiencia de Potasio, la relación Ca/Mg debe ser mayor a 30 meq/100g, por lo tanto en el suelo objeto de estudio el Potasio no se encuentra en deficiencia.

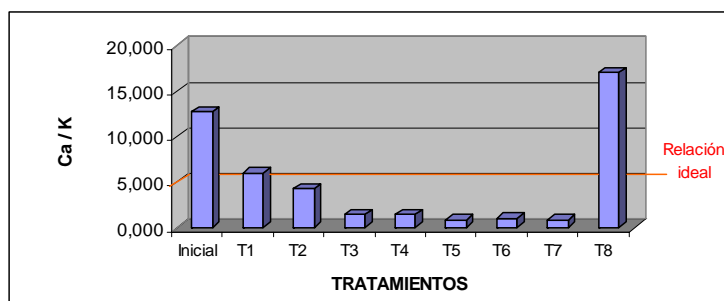
La aplicación de E.M. solo lleva a una relación de Ca/K aproximada a la ideal

**Tabla 43.** Relación Ca/K.

TRATAMIENTOS	RELACION Ca/K (meq/100g)
Inicial	12,740
T1	5,986
T2	4,305
T3	1,486
T4	1,430
T5	0,873
T6	1,004
T7	0,834
T8	17,089

Fuente: Las Autoras, 2005.

**Figura 33.** Relación Ca/K entre tratamientos.



Fuente: Las Autoras, 2005.

El análisis estadístico para la relación Ca/K muestra un valor probable de 0.0001, indicando que hay diferencias significativas entre tratamientos y confirma lo

descrito para la figura 24, rechazando así, la hipótesis nula. Las pruebas de comparación también encontraron éstas mismas diferencias.

**Tabla 44.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de la relación Ca/K entre tratamientos.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: RELCA_K					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	739.94923579	105.70703368	10.92	0.0001
Error	16	154.95145525	9.68446595		
Corrected Total	23	894.90069104			

The SAS System				
Duncan's Multiple Range Test for variable: RELCA_K				
Means with the same letter are not significantly different.				
Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM	
A	18.204	3	CMGFq_EM	
B	5.980	3	CCControl	
B	4.378	3	EM	
B	1.482	3	Compost_EM	
B	1.418	3	Mulch_EM	
B	1.045	3	FertQuim_EM	
B	0.889	3	Gallinaza_EM	
B	0.834	3	CMG_EM	

**Fuente:** Datos de las Autoras, SAS, 2005.

**5.5.3 Relación Mg/K.** En la figura 34 se observan valores cercanos al óptimo según la tabla del IGAC, para la muestra de suelo inicial y para los tratamientos T1 (testigo) y T 2 (E.M.), debido a que carecen de alto contenido de materia orgánica, además de presentar valores de pH menores a los de los demás tratamientos.

Los demás tratamientos presentan deficiencias en la relación Ca/Mg, porque al contrario de los tratamientos anteriores, éstos contienen bastante materia orgánica, además de tener alta capacidad de retención de agua que hace que el suelo se compacte.

En los tratamientos T3 (Compost + E.M), T6 (fertilización química + E.M.) y T7 (Mezcla de abonos orgánicos + E.M), presenta deficiencia de Magnesio según la

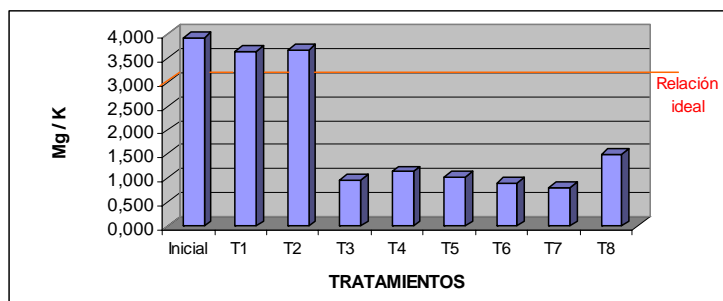
tabla del IGAC; y como ya se había mencionado, este exceso provoca reducción en el crecimiento de la planta y distribución irregular de clorofila<sup>100</sup>

**Tabla 45.** Relación Mg/K.

TRATAMIENTOS	RELACION Mg/K
Inicial	3,927
T1	3,636
T2	3,674
T3	0,957
T4	1,129
T5	1,018
T6	0,903
T7	0,803
T8	1,498

Fuente: Las Autoras, 2005.

**Figura 34.** Relación Mg/K entre tratamientos.



Fuente: Las Autoras, 2005.

El valor F hallado mediante el análisis de varianza es de 0.0001, corroborando las diferencias que hay entre tratamientos y la existencia de una hipótesis alternativa. La prueba de comparación de Duncan indica que en comparación con el testigo, los tratamientos T 3 (compost + E.M.), T 4 (mulch + E.M.), T 5 (gallinaza + E.M.), T 6 (fertilización química), T 7 (abonos orgánicos + E.M) y T 8 (abonos orgánicos + fertilización química + E.M.), presentan diferencias significativas.

<sup>100</sup>CALDERÓN Sáenz. Op. Cit. P 322

**Tabla 46.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de la relación Mg/K entre tratamientos.

The SAS System General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: RELMG_K					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	31.28559137	4.46937020	31.43	0.0001
Error	16	2.27555181	0.14222199		
Corrected Total	23	33.56114318			

The SAS System  
Duncan's Multiple Range Test for variable: RELMG\_K  
Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM
A	3.6667	3	CControl
A			
A	3.6568	3	EM
B	1.4177	3	CMGFq_EM
B			
B	1.1258	3	Mulch_EM
B			
B	1.0267	3	Gallinaza_EM
B			
B	0.9746	3	FertQuim_EM
B			
B	0.9675	3	Compost_EM
B			
B	0.8022	3	CMG_EM

Fuente: Datos de las Autoras, SAS, 2005.

**5.5.4 Relación (Ca + Mg)/K.** En general, se presenta una evidente disminución de la relación (Ca + Mg)/K con respecto a la muestra de suelo inicial, excepto el T8 (abonos orgánicos + fertilización química + E.M.) debido a que hay alta retención de nutrientes por ser una combinación de materia vegetal, con fertilización química y E.M., en donde hay mayor absorción de Calcio y Magnesio que de Potasio.

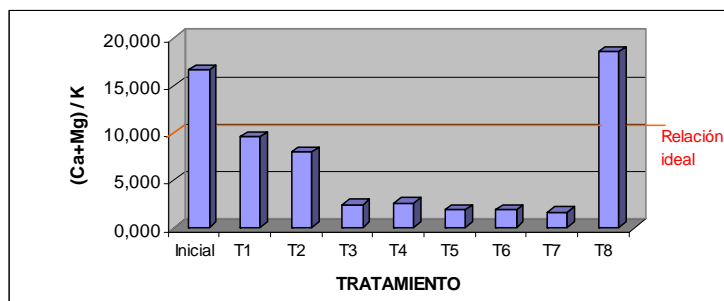
La tabla del IGAC considera un valor óptimo para la relación (Ca + Mg)/K de 10. De acuerdo con esta apreciación el valor que más se acerca es el que pertenece al tratamiento 1, es decir, el testigo. El valor que sigue (7.979) es el del T2, correspondiente a aplicación de E.M., que mantiene un nivel aproximado al ideal, lo que quiere decir que este tratamiento mantiene unas condiciones favorables para que se presente ésta relación.

**Tabla 47.** Relación Ca+Mg/K.

TRATAMIENTO	RELACION (Ca+Mg)/K
Inicial	16,667
T1	9,622
T2	7,979
T3	2,443
T4	2,559
T5	1,891
T6	1,906
T7	1,637
T8	18,586

Fuente: Las Autoras, SA2005.

**Figura 35.** Relación (Ca+Mg)/K entre tratamientos.



Fuente: Las Autoras. 2005.

Para la relación (Ca + Mg)/K la probabilidad de que haya una hipótesis alternativa es muy alta, pues el análisis estadístico muestra un valor F de 0.0001, lo que significa que hay diferencias significativas entre tratamientos.

**Tabla 48.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de la relación (Ca+Mg)/K entre tratamientos.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: RECAMG_K					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	837.36870786	119.62410112	14.21	0.0001
Error	16	134.68879796	8.41804987		
Corrected Total	23	972.05750582			

The SAS System  
Duncan's Multiple Range Test for variable: RECAMG\_K  
Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM
A	19.622	3	CMGFq_EM
B	9.647	3	CControl
B	8.035	3	EM
C	2.544	3	Mulch_EM
C	2.450	3	Compost_EM
C	2.019	3	FertQuim_EM
C	1.916	3	Gallinaza_EM
C	1.636	3	CMG_EM

**Fuente:** Datos de las Autoras, SAS, 2005.

## 5.6 ANALISIS DE TEJIDO VEGETAL

El análisis de tejido vegetal se realizó entre el 13 y el 23 de octubre de 2005, con el fin de conocer la cantidad de nutrientes que absorbió la planta y a partir de allí, observar cuál tratamiento ofrece un mejor resultado en cuanto al desarrollo de la planta. (Ver anexo K)

Para la discusión de las variables analizadas Fe, Mn y Cu, fue necesario graficarlas, sacando promedios por tratamiento y luego el respectivo análisis estadístico.

### 5.6.1 Plantas Nuevas. (trasplantadas a los 38 días de iniciar la investigación)

**5.6.1.1 Hierro (Fe).** Un factor importante que define esta variable es el pH. A mayor pH, menos disponibilidad de hierro. Esta afirmación se puede corroborar observando la figura 18 y la tabla 13.

El hierro gana solubilidad cuando hay más humedad en el suelo, según explica Burbano en el libro de Fertilidad de suelos<sup>101</sup>. Esto quiere decir, que al haber mayor solubilidad, es mayor la posibilidad de que se pierdan iones de hierro en el riego.

Teniendo como referencia la tabla de interpretación de la Universidad de California (anexo E), se observa que los valores de hierro para los tratamientos T4, T5, T6, T7, y T8 alcanzan niveles tóxicos, por encima de 1.074 meq/100g. Y los tratamientos que conservan un nivel adecuado son los T1, T2, y T3.

---

<sup>101</sup>BURBANO HERNAN. Op Cit., p 185.

Burbano menciona que las bajas temperaturas del suelo causan usualmente una disminución en la disponibilidad del microelemento y para este caso ocurre lo contrario, la presencia de cobertura vegetal en un suelo, es garantía de aumento en la temperatura del mismo, haciendo que aumente la concentración del hierro. Es por esto, que en la figura 36 se observa que el T4 (mulch + E.M.) tiene la mayor absorción de hierro con relación a los demás tratamientos.

Los tratamientos que siguen en mayor concentración de Hierro son aquellos que tienen fertilizante químico (T6 y T8), y a pesar de que este elemento no está dentro de los componentes principales, si tiene trazas de Hierro, proveniente del URFOS-44.

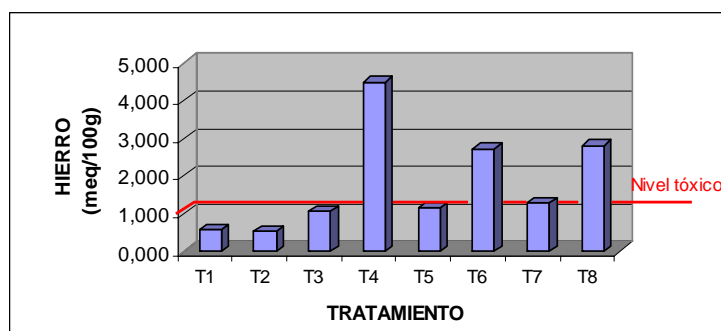
La gallinaza + E.M. (T5), presenta un nivel tóxico, debido a que en los análisis de los abonos aplicados, la gallinaza presenta la segunda concentración más alta en Hierro.

**Tabla 49.** Hierro en plantas nuevas.

TRATAMIENTO	HIERRO (meq/100g)
T1	0,579
T2	0,517
T3	1,069
T4	4,505
T5	1,151
T6	2,725
T7	1,287
T8	2,810

Fuente: Las Autoras, SAS, 2005.

**Figura 36.** Variación de hierro en plantas nuevas.



Fuente: Las Autoras. 2005.

Contrario a lo observado en la gráfica, el análisis de varianza múltiple indica que estadísticamente no hay diferencias significativas entre tratamientos, puesto que



el valor F arrojado fue de 0.3755 aceptando de esta forma que hay una hipótesis nula.

Al realizar la prueba de Duncan, evidentemente se detalla que no hay diferencias y que de todas maneras el tratamiento T4 es el que presenta un gran incremento sobre los demás.

**Tabla 50.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de Hierro en plantas nuevas.

The SAS System General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: FE					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	40.61314230	5.80187747	1.16	0.3755
Error	16	79.80459192	4.98778700		
Corrected Total	23	120.41773422			

The SAS System Duncan's Multiple Range Test for variable: FE Means with the same letter are not significantly different.				
Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM	
A	4.505	3	Mulch_EM	
A				
A	2.810	3	CMGFq_EM	
A				
A	2.725	3	FertQuim_EM	
A				
A	1.287	3	CMG_EM	
A				
A	1.151	3	Gallinaza_EM	
A				
A	1.069	3	Compost_EM	
A				
A	0.579	3	CCControl	
A				
A	0.517	3	EM	

**Fuente:** Datos de las Autoras, SAS, 2005.

**5.6.1.2 Manganeso (Mn).** La tabla de la Universidad de California da como nivel adecuado un valor entre 0.109 y 0.546 meq/100g, lo que confirma que todos los tratamientos están en el rango apropiado.

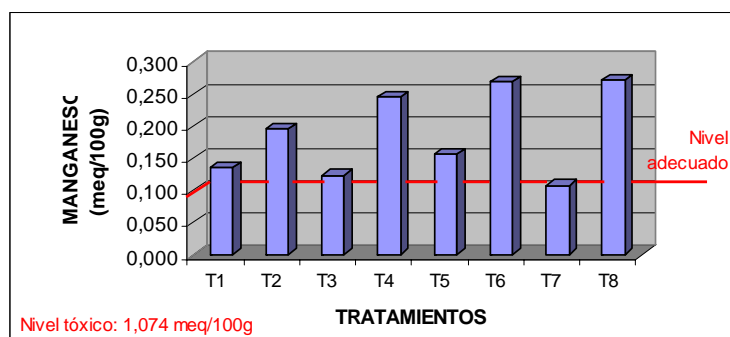
Este comportamiento se refleja en que todos los tejidos de la planta tienen una adecuada distribución del elemento.

**Tabla 51.** Manganeso en plantas nuevas.

TRATAMIENTO	MANGANESO (meq/100g)
T1	0,136
T2	0,196
T3	0,124
T4	0,245
T5	0,157
T6	0,270
T7	0,108
T8	0,272

Fuente: Las Autoras, SAS, 2005.

**Figura 37.** Variación de manganeso en plantas nuevas.



Fuente: Las Autoras, 2005.

El análisis de la variable manganeso para plantas nuevas muestra que estadísticamente no hay diferencias significativas entre los tratamientos, ya que el valor F encontrado es de 0.3340. Por lo tanto se acepta la hipótesis nula. Además, de acuerdo a la figura 32, evidentemente no hay gran diferencia entre valores de 0.1 a 0.4 meq/10g., por lo tanto no se colocan las pruebas de Duncan.

**Tabla 52.** Análisis de varianza para la evaluación de Manganeso en plantas nuevas.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: MN					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	0.09419446	0.01345635	1.25	0.3340
Error	16	0.17231211	0.01076951		
Corrected Total	23	0.26650657			

Fuente: Datos de las Autoras, SAS, 2005.

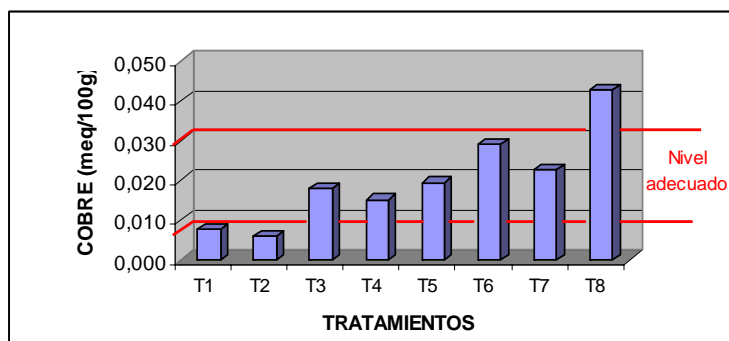
**5.6.1.3 Cobre (Cu).** Para el microelemento cobre, la universidad de California estipula como rango adecuado un valor de 0.008 y 0.031 meq/100g. La figura 38 muestra que todos los tratamientos se encuentran dentro del nivel adecuado, exceptuando el del tratamiento T2, que se encuentra por debajo de este nivel sin llegar a ser deficiente; y el tratamiento T8, que sobrepasa en nivel adecuado sin ser tóxico.

**Tabla 53.** Cobre en plantas nuevas.

TRATAMIENTO	COBRE (meq/100g)
T1	0,008
T2	0,006
T3	0,018
T4	0,015
T5	0,019
T6	0,029
T7	0,023
T8	0,043

Fuente: Las Autoras, 2005.

**Figura 38.** Variación de cobre en plantas nuevas.



Fuente: Las Autoras, 2005.

El análisis de varianza para la evaluación de cobre muestra una probabilidad de 0.1295, lo que quiere decir que estadísticamente no hay diferencias significativas entre los tratamientos. Por esta razón se rechaza la hipótesis alternativa.

**Tabla 54.** Análisis de varianza para la evaluación de Cobre en plantas nuevas.

The SAS System General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: CU					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	0.00297057	0.00042437	1.94	0.1295
Error	16	0.00350533	0.00021908		
Corrected Total	23	0.00647590			

Fuente: Datos de las Autoras, SAS, 2005.

### 5.6.2 Plantas Antiguas. (Trasplantadas al iniciar la investigación)

**5.6.2.1 Hierro (Fe).** De manera general, todos los tratamientos aumentaron la absorción de hierro en plantas antiguas con respecto al T1 (testigo). La figura 39 y la tabla 55 muestra un aumento considerable en la absorción de hierro para los tratamientos T5 (gallinaza + E.M.) y T4 (mulch + E.M.) debido a que en los análisis de los abonos aplicados la gallinaza y el mulch ocupan el segundo y tercer lugar en abundancia, respectivamente.

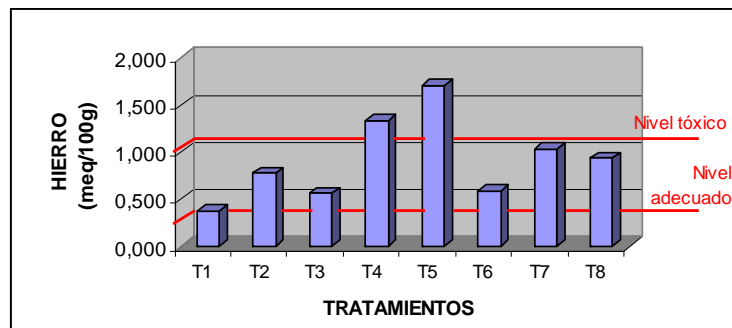
En relación con la figura 36 correspondiente a la variable hierro para plantas nuevas, se observa que las plantas antiguas absorbieron el metal en menor cantidad en los tratamientos T1, T3, T4, T6, T7 y T8, debido a la fisionomía de las plantas nuevas (mejor estado radical, y por esto necesitan más nutrientes), mientras que se presentó una mayor absorción en los tratamientos T2 y T5, donde éste último alcanza un nivel de toxicidad.

**Tabla 55.** Hierro en plantas antiguas.

TRATAMIENTO	HIERRO (meq/100g)
T1	0,379
T2	0,781
T3	0,563
T4	1,337
T5	1,709
T6	0,588
T7	1,038
T8	0,937

Fuente: Las Autoras, SAS, 2005.

**Figura 39.** Variación de hierro en plantas antiguas.



**Fuente:** Las Autoras. 2005.

El análisis de varianza muestra una probabilidad de 0.4397, indicando que no hay diferencias significativas entre tratamientos, por lo tanto se evidencia la existencia de una hipótesis nula.

**Tabla 56.** Análisis de varianza para la evaluación de Hierro en plantas antiguas.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: FE					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	4.08026764	0.58289538	1.04	0.4397
Error	16	8.92593083	0.55787068		
Corrected Total	23	13.00619848			

**Fuente:** Datos de las Autoras, SAS, 2005.

**5.6.2.2 Manganese (Mn).** El análisis de la variable manganeso indica que hubo un aumento en la absorción del elemento, con respecto al valor del tratamiento T1 (testigo), tal como se muestra en la figura 40 y en la tabla 57.

Los tratamientos que presentan mayor incremento en la absorción de Manganese son el T5, debido a que la gallinaza tiene el segundo lugar en contenido de este metal y, el T8 por ser la mezcla de todos los abonos orgánicos, E.M y fertilización química.

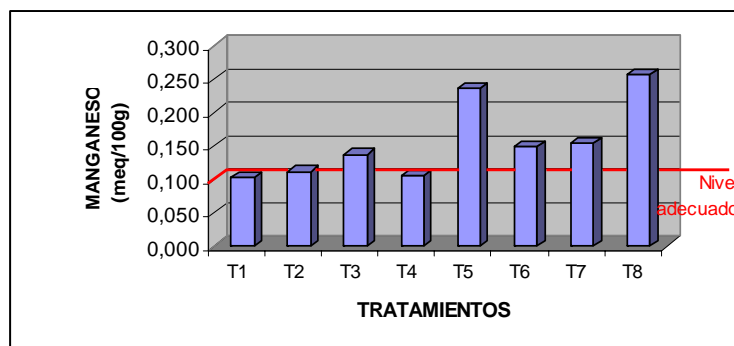
Con relación a las plantas nuevas, se observa que las plantas antiguas que absorbieron menos que las nuevas fueron las de los tratamientos T1, T2, T4, T6 y T8, muy probable debido a su fisionomía y su estado radical.

**Tabla 57.** Manganeso en plantas antiguas.

TRATAMIENTO	MANGANESO (meq/100g)
T1	0,103
T2	0,111
T3	0,138
T4	0,105
T5	0,237
T6	0,149
T7	0,153
T8	0,257

Fuente: Las Autoras, SAS, 2005.

**Figura 40.** Variación de manganeso en plantas antiguas.



Fuente: Las Autoras, 2005.

El valor arrojado por el análisis de varianza es 0.0191, aceptando la probabilidad de que haya diferencias significativas entre tratamientos que puedan indicar una hipótesis alternativa.

La confirmación de esta apreciación se da porque la prueba del rango múltiple de Duncan, muestra que efectivamente hay diferencias entre los tratamientos.

**Tabla 58.** Análisis de varianza y prueba de comparación de Duncan para la evaluación de Manganeso en plantas antiguas.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: MN					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	0.07333614	0.01047659	3.45	0.0191
Error	16	0.04862222	0.00303889		
Corrected Total	23	0.12195836			

The SAS System  
Duncan's Multiple Range Test for variable: MN  
Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRATAM
	0.25676	3	CMGFq_EM
	0.23658	3	Gallinaza_EM
	0.15335	3	CMG_EM
	0.14908	3	FertQuim_EM
	0.13757	3	Compost_EM
	0.11082	3	EM
	0.10549	3	Mulch_EM
	0.10295	3	CCControl

Fuente: Datos de las Autoras, SAS, 2005.

**5.6.2.3 Cobre (Cu).** En las siguientes gráfica y tabla se observa un incremento en la concentración del cobre para todos los tratamientos con respecto al tratamiento T1 (testigo), sobre todo el T4 (mulch + E.M.) y T5 (gallinaza + E.M.). El único que presenta una disminución es el T6 (fertilización química +E.M.).

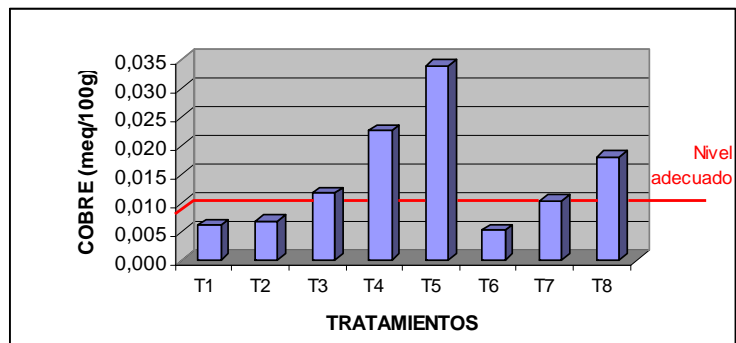
En comparación con las plantas nuevas, hubo mayor absorción en los tratamientos T1, T3, T6, T7 y T8, sobresaliendo el T6 Y el T8 debido a la aplicación de fertilización química, mientras que en las plantas antiguas se tiene mayor nivel de absorción en los tratamientos T4 y T5, y esto indica un comportamiento inversamente proporcional entre plantas antiguas y nuevas.

**Tabla 59.** Cobre en plantas antiguas.

TRATAMIENTO	COBRE (meq/100g)
T1	0,006
T2	0,007
T3	0,012
T4	0,023
T5	0,034
T6	0,005
T7	0,010
T8	0,018

Fuente: Las Autoras, 2005.

**Figura 41.** Variación de cobre en plantas antiguas.



**Fuente:** Las Autoras. 2005.

El análisis de varianza muestra una probabilidad F de 0.1746, indicando que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, comprobando así, la aceptación de la hipótesis nula.

**Tabla 60.** Análisis de varianza para la evaluación de Cobre en plantas antiguas.

The SAS System					
General Linear Models Procedure (MANOVA)					
Dependent Variable: CU					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	0.00209721	0.00029960	1.72	0.1746
Error	16	0.00278802	0.00017425		
Corrected Total	23	0.00488522			

**Fuente:** Datos de las Autoras, SAS, 2005.



## CONCLUSIONES

- ☑ E.M. (en dosis de 5% del agua del riego) aporta mejores resultados en el incremento de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en el suelo, con la mezcla de los abonos orgánicos (compost, mulch, gallinaza) en dosis de una libra cada uno, y con la fertilización química (compuesta por manganeso electrolítico (0.0002g), cobre (0.0002g), zinc (0.0001g), urfos 44 (166.66g), klip-boro(5g)). \*
- ☑ E.M. aplicado solo en la dosis en mención no incrementa la CIC del suelo.
- ☑ A los dos meses de iniciar la investigación, los microorganismos efectivos (E.M.) aumentan la capacidad de intercambio catiónico del suelo, en mezcla con los abonos orgánicos (Compost, Mulch y Gallinaza), y este mismo comportamiento se pudo observar al finalizar la investigación (a los cuatro meses).
- ☑ E.M. tiende a generar baja de pH en el suelo cuando es aplicado solo.
- ☑ E.M. con la mezcla de todos los abonos orgánicos (Compost + Mulch + Gallinaza) aumentan la materia orgánica así como el pH del suelo.
- ☑ Existe una relación directamente proporcional entre el pH del suelo y la capacidad de intercambio catiónico, en los tratamientos donde se aplicó la mezcla de los materiales orgánicos (Compost + Mulch + Gallinaza) con E.M.
- ☑ E.M. en combinación individual con uno de los abonos orgánicos (Compost, Mulch, o Gallinaza) contribuye a una absorción adecuada de Calcio en plantas trasplantadas 38 días después de iniciar la investigación.
- ☑ E.M. aplicado solo o en presencia de de la combinación de abonos orgánicos Compost, Mulch, o Gallinaza, favorece el aumento de Calcio (Ca) en plantas trasplantadas el mismo día de aplicar los tratamientos.
- ☑ En plantas nuevas (segundo transplante), el contenido de Calcio se ve favorecido cuando se aplica fertilización química + E.M.
- ☑ E.M. solo o mezclado con Compost no arroja óptimos resultado en la base Magnesio en el suelo.
- ☑ Gallinaza + E.M. tanto en plantas trasplantadas el mismo día de aplicar los tratamientos como las trasplantadas 38 días después de iniciar la investigación, aportan mayor contenido de Magnesio que los otros abonos.

\*En las siguientes conclusiones no se nombrará la dosificación de los tratamientos ni de E.M.

- ☑ E.M. aplicado solo o en mezcla con Mulch no presenta niveles de toxicidad en la base Sodio del suelo.
- ☑ La fertilización química promueve la sodicidad de las plantas trasplantadas a los 38 días después de iniciar la investigación.
- ☑ En plantas antiguas (trasplantadas al inicio de la investigación) el aumento de Sodio se debe a la aplicación de gallinaza + E.M.
- ☑ Se encontró en todos los tratamientos que el potasio es deficiente tanto en plantas trasplantadas el mismo día de aplicar los tratamientos como las trasplantadas a los 38 días después de iniciar la investigación, sin embargo en el suelo hay altos niveles de ésta misma base.
- ☑ El fertilizante químico está influenciando la absorción de las bases en las plantas cuando es aplicado solo con E.M.
- ☑ La mezcla de abonos orgánicos (Compost + Mulch + Gallinaza)+ fertilización química + E.M., aumenta la saturación de bases.
- ☑ El fertilizante químico está promoviendo la absorción de Magnesio en el suelo, cuando es aplicada con E.M.
- ☑ La gallinaza promueve la absorción de Calcio en la relación Ca/Mg en el suelo.
- ☑ La aplicación de E.M. solo lleva a una relación próxima a la ideal de Ca/K del suelo.
- ☑ La gallinaza + E.M. y la mezcla de los abonos orgánicos (Compost + Mulch + Gallinaza) + E.M. promueven más la absorción de Potasio en la relación Ca/K del suelo.
- ☑ La mezcla de abonos orgánicos + fertilización química + E.M. promueve más la absorción de Calcio en la relación Ca/K del suelo.
- ☑ La aplicación de E.M. solo mantuvo una relación ideal para evitar desequilibrio en la relación Mg/K del suelo.
- ☑ E.M. solo mantiene la relación Ca+Mg/ K aproximada al nivel ideal en el suelo.
- ☑ E.M. aplicado solo o combinado con Compost conserva un nivel adecuado de hierro en plantas trasplantadas a los 38 días después de iniciar la investigación.

- ☑ E.M. solo, con cualquiera de los abonos orgánicos (Compost + Mulch + Gallinaza), o, en mezcla con estos, permite que las plantas trasplantadas a los 38 días después de iniciar la investigación tengan un nivel adecuado de Manganeseo.
- ☑ E.M. aplicado solo no incrementa la concentración de Cobre en plantas trasplantadas a los 38 días después de iniciar la investigación, mientras que la mezcla de E.M. con los abonos orgánicos (Compost + Mulch + Gallinaza) y fertilizantes químicos sobrepasa los niveles adecuados.
- ☑ E.M. en presencia de los demás abonos (Compost + Mulch + Gallinaza), ya sea con uno solo o en mezcla incrementa la absorción de Hierro y de Manganeseo en las plantas trasplantadas al iniciar la investigación.
- ☑ E.M. en presencia de los demás abonos, ya sea con uno solo o en mezcla incrementa la absorción de Cobre en las plantas trasplantadas al iniciar la investigación, mientras que la fertilización química con E.M. presentó una disminución en estos niveles.

## RECOMENDACIONES

- ☑ Los microorganismos eficientes (E.M.) deben ser aplicados siempre en compañía de uno o más abonos orgánicos (Compost, Mulch y Gallinaza) para obtener mejores resultados en la recuperación de suelos erosionados.
- ☑ Estudiar más a fondo la dinámica de porque el fertilizante químico aumenta la capacidad de intercambio catiónico, comparado con los abonos orgánicos a dos meses de iniciar el proceso.
- ☑ Hacer un estudio a tiempo más largo para saber si el E.M. sigue aumentando la capacidad de intercambio catiónico.
- ☑ Analizar si los abonos orgánicos, solos, o en mezcla, sin la presencia de E.M., aumentan el pH en el suelo objeto de estudio.
- ☑ Hacer una investigación específica para saber si E.M. aplicado solo y en diferentes concentraciones tiende a generar disminución de pH.
- ☑ Hacer un estudio para conocer el comportamiento del pH sin la presencia de E.M cuando se aplica fertilización química.
- ☑ Investigar porque la fertilización química junto con E.M. o la mezcla de los abonos + fertilización química + E.M. aumento el Sodio alcanzando niveles tóxicos.
- ☑ Hacer un estudio de arcillas con difracción de rayos X para saber si es una arcilla la que retiene el Potasio en el suelo y no lo deja disponible para las plantas.
- ☑ Realizar un análisis de nutrición específico de la especie Acacia japonesa (*Acacia melanoxylon R. Browm*), sobre sus requerimientos.
- ☑ Estudiar más a fondo porque la fertilización química en mezcla con E.M. y abonos orgánicos permite mayor absorción de las bases del suelo en la planta y a la vez baja los contenidos de estos elementos en el suelo.
- ☑ Hacer un estudio más específico para saber que tipo de ion de Hierro predomina (ferrosos o férrico).
- ☑ Analizar específicamente porque el E.M. está aumentando los niveles de calcio en las plantas.

- ☑ Realizar un estudio específico para determinar porque se inhibe la acción que tiene el E.M. con fertilización química para el Calcio en el suelo.
- ☑ Realizar un estudio específico que determine la razón por la cual el E.M. y la fertilización química disminuyen la concentración de Magnesio en el suelo, ya sea aplicándolo solo o en unión con los demás abonos orgánicos.
- ☑ Realizar análisis que permitan saber porque la combinación de E.M. y abonos orgánicos eleva la concentración de Sodio en el suelo.
- ☑ Analizar el comportamiento que tiene el tratamiento que mezcla todos los abonos en el incremento de la relación Ca/Mg y Ca/K.
- ☑ Evaluar por que el comportamiento del fertilizante químico no es acorde a los otros en cuanto a la absorción de Calcio en las plantas trasplantadas a dos meses de iniciar la investigación.
- ☑ Llevar a cabo la aplicación de la acción de biorecuperación in-situ, comenzando por una zona representativa del terreno (p. e. una hectárea).
- ☑ Realizar un estudio similar donde se evalúe otra especie de plantas para la biorecuperación de los suelos del desierto de Zabinsky, que se adapten a esas condiciones ecológicas.

## BIBLIOGRAFÍA

ABONOS ORGANICOS (s.f). Recuperado el 20 de Septiembre de 2005, de [http://www.proexant.org.ec/Abonos\\_Org%C3%A1nicos.html](http://www.proexant.org.ec/Abonos_Org%C3%A1nicos.html)

ACACIA JAPONESA, (s.f). Recuperado el 22 de septiembre de 2005 de <http://www.ceba.com.co/semillascolombianas.htm>

AGUA DESIONIZADA. (s.f). Recuperado el 13 de septiembre de 2005 de <http://www.osmonicspurewater.com/handbook2.htm>

AGUA DESMINERALIZADA. (s.f). Recuperado el 23 de septiembre de 2005 de [http://www.lenntech.com/espanol/agua\\_desionizada\\_desmineralizada.htm](http://www.lenntech.com/espanol/agua_desionizada_desmineralizada.htm)

ALELOPATINAS (s.f). Recuperado el 30 de agosto de 2005 de <http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Informa/alelopatinas.htm>

APNAN. ASIA-PACIFIC NATURAL AGRICULTURE NETWORK. EM application manual for apnan countries. First Edition. 1995. Disponible en: <http://www.agriton.nl/apnanman.html>.

BURBANO ORJUELA, HERNAN. El Suelo: Una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Primera edición, Pasto: U. de Nariño. Colombia. 1989. 447 p. p417.

BUOL,S.W. Génesis y Clasificación de suelos. Editorial Trillas. Tercera impresión. México. 2000 . p. 318

BURÉS. Sustratos. Madrid: 1997. Disponible en: [http://www.proexant.org.ec/Abonos\\_Org%C3%A1nicos.html](http://www.proexant.org.ec/Abonos_Org%C3%A1nicos.html)

CALDERÓN SÁENZ, FELIPE. Concepción moderna de la nutrición vegetal. En: Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Tercera edición. Bogotá D.C.: 2000. p 322.

COMPOST. (s.f). recuperado el 14 de septiembre de 2005 de. [http://www.ctv.es/clean\\_world\\_hispania/CompoStar.htm](http://www.ctv.es/clean_world_hispania/CompoStar.htm)

EDAFOLOGIA. (s.f). Recuperado el 23 de Septiembre de 2005, de <http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL5PFQInterlon.htm>

FAO. Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 1991 177 p. Disponible en: [http://www.uchile.cl/facultades/cs\\_forestales/publicaciones/cesaf/n1](http://www.uchile.cl/facultades/cs_forestales/publicaciones/cesaf/n1)

\_\_\_\_\_. LANDIS, T.D.; TINUS, R.W.; McDONALD, S.E. y BARNETT, J.P. The container tree nursery manual, Volume 2. Agric. Handbk. 674. Washington DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 1990. 87 p. Disponible en: [http://www.uchile.cl/facultades/cs\\_forestales/publicaciones/cesaf/n1](http://www.uchile.cl/facultades/cs_forestales/publicaciones/cesaf/n1)

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. El maravilloso mundo del abono orgánico. Colombia. 1998. p 25

FERTILIZACION QUIMICA. (s.f). Recuperado el 13 de septiembre de 2005 de. [hlinagro.com.co/contenido/productos\\_fertiza\\_foliares.asp?doc=110](http://hlinagro.com.co/contenido/productos_fertiza_foliares.asp?doc=110)

GALIANO SEDANO, FRANCISCO. Capacidad de Intercambio Catiónico y Aniónico, Bases de Cambio y Saturaciones. En: Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Tercera Edición. Bogotá D.C.: 2000. p178.

GENERALITAT VALENCIANA. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. La función de los Nutrientes Secundarios y Microelementos. Tomado del artículo publicado en la revista "ASAJA".Nº 13. Febrero 2003. Pág. 19.

GRAETZ, H.A. Manuales para educación agropecuaria: suelos y fertilización. México: Trillas, 1982. p. 28.

GUERRERO RIASCOS, Ricardo. Suelos. Departamento de Suelos y Aguas. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1985. 209 p.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Suelos y fertilizantes. Bogotá: ICA, 1979. p. 39.

\_\_\_\_\_. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación.1992. p. 21.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Métodos analíticos del laboratorio de suelos. Bogotá: IGAC, 5ª edición 1990. p 1 – 53, p 125 – 1181.

\_\_\_\_\_. Suelos de Colombia. Origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Bogotá: IGAC, 1995, p 423 – 428.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Normas Colombianas para presentación de trabajos de investigación. Quinta actualización. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2004. 126p. NTC 1486.

INTERNATIONAL NATURE FARMING RESEARCH CENTER. Beneficial and Effective Microorganisms. Atami, Japan 1994. Disponible en: [www.agriton.nl/higa.html](http://www.agriton.nl/higa.html).

LEÓN COTE, Gonzalo y CEPEDA REY, Jaime. El análisis de suelos y su interpretación. Santander: Secretaría de Agricultura y Ganadería de Santander. p. 15.

LEÓN S. LUIS ALFREDO. Los elementos mayores nitrógeno, fósforo y Potasio en el suelo. En: Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Tercera Edición. Bogotá D.C.: 2000. P193.

LORA SILVA, RODRIGO. Factores que afectan la disponibilidad de los nutrimentos para las plantas. En: Fertilidad de suelos. Diagnóstico y control. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo.1984. p95

MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS (s.f). Recuperado el 30 de agosto de 2005 de. <http://www.ciedperu.org/manuales/suelin.htm>

MONTGOMERY, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. México: Editorial Limusa. 2002. p. 62 – 65, 96 – 102, 655.

NEBEL & WRIGHT. Ciencias Ambientales. Ecología y desarrollo sostenible. Sexta edición. Editorial Pearson. México. 2000. 698p.

NITROGENO (s.f). Recuperado el 13 de septiembre de 2005 de <http://encyclopedia-es.snyke.com/articles/nitrogeno.html>

OSSA PARRA, Marcela. Pautas para citar textos y hacer listas de referencias según las normas de la American Psychological Association (APA). Segunda edición en español. Universidad de los Andes. Bogotá: 2005. 32p.

QUEVEDO, Carlos. MANUAL DE TECNICAS AGROPECUARIAS. Plan Nacional de Rehabilitación. Presidencia de la República. Tercera Edición. Editorial Canal Ramírez Antares.1989. 120p

Salinas, José. SOCIEDAD COLOMBIANA DE LA CIENCIA DEL SUELO. Fertilidad de suelos. Diagnóstico y control. Bogotá: Publicación de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1984. P.402

SEMILLAS COLOMBIANAS, (s.f). Recuperado el 22 de septiembre de 2005 de. <http://www.ceba.com.co/semillascolombianas.htm>

SMITH RL. & SMITH TM. Ecología. 2001. Disponible en: <http://www.veterinaria.uchile.cl/profesor/agrez/guia%20por%20capitulos/guia%20por%20capitulos/suelo.PDF>.

SOCIEDAD COLOMBIANA DE LA CIENCIA DEL SUELO. Fertilidad de suelos. Diagnóstico y control. Bogotá: Publicación de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1984.



\_\_\_\_\_. Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Tercera Edición. Bogotá D.C.: 2000. 323 p.

UNIMINUTO. Microorganismos eficientes. 2005. Disponible en: [http://www.biodyne-srq.com/abusphi\\_esp.html](http://www.biodyne-srq.com/abusphi_esp.html).

URFOS 44 (s.f). Recuperado el 13 de septiembre de 2005 de [http://www.corpmisti.com.pe/URFOS\\_44.htm](http://www.corpmisti.com.pe/URFOS_44.htm)

VELEZ. Equipos para Espectroscopía de Absorción Atómica. Disponible en: [www.uprm.edu/biology/profs/velez/equipos.htm](http://www.uprm.edu/biology/profs/velez/equipos.htm).

YAGODÍN, B.A. Agroquímica tomo I y tomo II. Moscú. URSS.1986. Disponible en: [http://www.ctv.es/clean\\_world\\_hispania/CompoStar.htm](http://www.ctv.es/clean_world_hispania/CompoStar.htm).

# **ANEXOS**

## ANEXO A

### Metodologías aplicadas

#### ➤ PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO:

1. Se recolecta la muestra.
2. Se homogeniza la muestra de suelo.
3. Se lleva a la estufa durante 24 horas a temperatura de 35°C.
4. Luego se maceran las muestras.
5. Se empaacan las muestras en bolsas plásticas y se rotulan.

#### ➤ DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA EN SUELOS (Método de Bouyoucos):

1. Peso 50 gramos de suelo seco y tamizado.
2. En el vaso metálico de las licuadoras agregue el suelo.
3. Adicione 20 ml de agente dispersante (Mezcla de Hexametáfosfato de Sodio y Carbonato de Sodio) en el vaso de la licuadora.
4. Agregue agua al vaso de la licuadora hasta donde marca el nivel y encienda la licuadora por 10 minutos.
5. Adicione todo el contenido del vaso de la licuadora a una probeta de 1 litro.
6. Introduzca el bulbo del hidrómetro dentro de la probeta y complete hasta el aforo marcado con agua.
7. Retire el hidrómetro y con una rodaja metálica de huecos y tallo central, agite verticalmente 15 veces el contenido de la probeta.
8. Al terminar comience un conteo de 40 segundos y mientras transcurre el tiempo introduzca el hidrómetro y el termómetro en la probeta, para que al final de los 40 segundos realice la lectura en la escala del hidrómetro y el termómetro.
9. Deje en reposo durante 2 horas y realice la lectura en la escala del hidrómetro y del termómetro nuevamente.
10. Registre los resultados y determine la lectura corregida del hidrómetro con base en la temperatura.

TEMPERATURA (°C)	FACTOR DE CORRECCION
14	- 1.46
16	-0.98
18	-0.44
20	0.18
22	0.86
24	1.61
26	2.41

Fuente: Universidad Nacional de Colombia. Laboratorio física de suelos.

11. Realice los siguientes cálculos.

Arenas totales (2 a 0.002 mm)

$$\% = 100 - \frac{\text{Lectura corregida a los 40 seg} * 100}{50 \text{ g de suelo}}$$

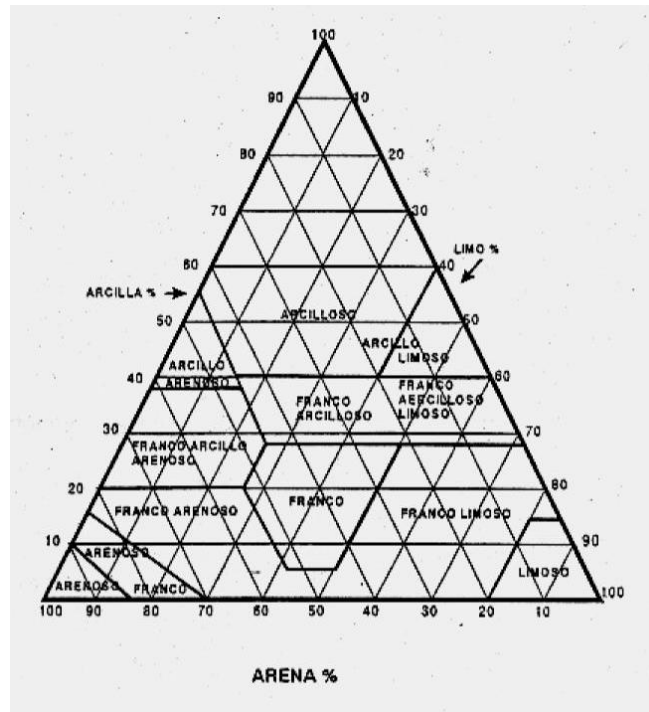
Arcillas totales: (0.002 mm o <)

$$\% = \frac{\text{Lectura corregida a las 2 horas} * 100}{50 \text{ g de suelo}}$$

Limos: (0.05 mm a 0.002 mm)

$$\% = 100 - (\% \text{arenas} + \% \text{arcillas})$$

12. Con los datos anteriores realice la lectura en el siguiente diagrama



➤ **DENSIDAD APARENTE EN EL SUELO (Terrón parafinado):**

1. Tome un terrón del suelo de aproximadamente 2x2 cm y séquelo en estufa a 105 °C durante 24 horas.
2. Luego coloque en un desecador el terrón de suelo durante media hora.
3. Pese el terrón de suelo y registre el dato.
4. Sumerja el terrón en parafina cubriéndolos totalmente.
5. Nuevamente pese el terrón con parafina y registre el dato.
6. Sumerge el terrón con parafina en una probeta graduada que contenga un volumen conocido de agua y observe claramente el volumen desplazado.
7. Calcule el peso de la parafina:

Peso parafina (g) = peso del terrón con parafina – peso del terrón de suelo

8. Halle los centímetros cúbicos (cc) de agua desplazada por la parafina, conociendo que la densidad de la parafina es de 0.9 g/cc:

$$\text{cc de H}_2\text{O desplazada por la parafina} = \frac{\text{Peso de la parafina}}{\text{Densidad de la parafina}}$$

9. Calcule el volumen de agua (cc) desplazada por el terrón de suelo:

$\nabla \text{ H}_2\text{O}$  desplazada por el terrón = cc  $\text{H}_2\text{O}$  desplazada por el terrón parafinado - cc  $\text{H}_2\text{O}$  desplazada por la parafina.

10. Obtenga la densidad aparente:

$$\text{Densidad aparente (g/cc)} = \frac{\text{peso del terrón sin parafina}}{\nabla \text{ H}_2\text{O desplazada por el terrón}}$$

➤ **DENSIDAD REAL (Método del picnómetro):**

1. Pese el picnómetro de 10 ml con tapa y completamente seco.
2. Agregue 3 gramos de suelo seco y molido.
3. Pese el picnómetro con el suelo.
4. Agregue agua desionizada al picnómetro a la mitad de su volumen.
5. Lleve el picnómetro a una campana de vidrio y aplique vacío durante 15 minutos para eliminar las burbujas de aire.
6. Retire el picnómetro de la campana y llénelo con agua, tápelo y péselo.
7. Vacíe el contenido del picnómetro, lávelo y llénelo de agua, tápelo y péselo.
8. Calcule la densidad real:

$$D_s = \frac{(\text{peso picnómetro con suelo}) - (\text{peso picnómetro vacío})}{\nabla \text{ del picnómetro} - (\text{peso picnómetro agua y suelo} - \text{peso picnómetro con suelo})}$$

$$D_s \text{ (g/cc)} = \frac{\text{Peso del suelo seco}}{\text{Volumen del suelo}}$$

➤ **DETERMINACIÓN DE pH EN EL SUELO:**

1. Pesar 10 gramos de suelo molido y seco.
2. En un vaso de 50 ml añada 25 ml de agua desionizada.
3. Agite la suspensión por 5 minutos y deje en reposo por 30 minutos.
4. Calibre el instrumento con la soluciones amortiguadoras.
5. Determine el pH de la muestra. Inmediatamente antes de introducir el electrodo debe agitarse la muestra y leer rápidamente para evitar efectos de sedimentación.

**DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO Y BASES INTERCAMBIABLES:**

➤ **METODOLOGÍA DEL ACETATO DE AMONIO PARA ANALISIS DE CIC**

1. Pese 5 g de suelo y agregue 30 ml de acetato de amonio 1N y agite durante 20 minutos.
2. Filtrar al vacío y llevar el filtrado a volumen de 250 ml en balón aforado con agua destilada, ese filtrado se usa para determinar bases.
3. Instale nuevamente el embudo y al suelo residual del embudo enjuague con 60 ml de alcohol al 96%, deseche el filtrado y lave bien el erlenmeyer, este enjuague se hace con el fin de quitar el exceso de acetato de amonio.
4. Vuelva a instalar el embudo y al suelo residual agregue 50 ml de cloruro de sodio al 10% y filtre.
5. Al filtrado agregue 10 ml de aldehído formica.
6. Agregue 5 gotas de fenoltaleína.

7. Titule con hidróxido de sodio 0.1N hasta que llegue a un color rosado y anote el volumen gastado.

$$\text{C.I.C. (meq/100g)} = (\text{Volumen gastado} * 0.1 * 100) / 5 \text{ g}$$

➤ **DETERMINACIÓN DE CALCIO, MAGNESIO, POTASIO, MANGANESO, SODIO, HIERRO Y COBRE EN LAS PLANTAS:**

1. Coloque el extracto obtenido anteriormente. Lea absorbancia a las siguientes longitudes de onda y con su respectiva lámpara:

Potasio: 766.5 NM

Sodio: 589.0 NM

Magnesio: 285.2 NM

Calcio: 422.7 NM

2. Calcule los meq/100g de suelo de cada base cambiabile utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Meq/100g} = \frac{\text{meq/L} * \text{Volumen extracto (ml)}}{\text{Peso del suelo (g)} * 100}$$

CALCULO DE LA SATURACION DE BASES:

$$\% \text{ SATURACIÓN BASES} = (\sum \text{bases} / \text{C.I.C.}) * 100$$

➤ **CALCULO DE RELACIONES:**

1. Ca / Mg
2. Mg / K
3. Ca / K
4. (Ca + Mg) / K

➤ **METODOLOGIA PARA ANÁLISIS DE TEJIDO VEGETAL**

1. Seque la muestra fresca de tejido vegetal en una estufa a una temperatura de 60 °C durante 24 horas.
2. Muela la muestra.
3. Pese 1 g de la muestra seca y molida.
4. Coloque la muestra a una temperatura de 475°C durante 5 horas.
5. Deje enfriar y agregue 4 ml de HCl 1:1.
6. Evapora muy lentamente sin dejar secar la totalidad de la muestra.
7. Deje enfriar y adicione 2 ml de HCl 1:1.
8. Filtre y lave el contenido con agua caliente.
9. Lleve el filtrado a un volumen de 25 ml con agua destilada.

10. determine calcio, magnesio, sodio, potasio, manganeso, hierro y cobre en el espectrofotómetro de absorción atómica.

## PREPARACIÓN DE REACTIVOS PARA ANÁLISIS QUÍMICOS EN EL LABORTORIO

### ➤ CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATONICO:

#### **Acetato de Amonio 1N (pH 7):**

En el balón aforado de 1 litro, diluir 77 gramos de sal de acetato de amonio y antes de llevar a volumen, ajuste el pH a 7,0.

#### **Hidróxido de Sodio 0,1 N:**

Para preparar 500 ml de NaOH, se toman 50ml de hidróxido de sodio 1N y se ajusta a volumen deseado.

#### **Cloruro de Sodio al 10 %:**

En un balón aforado de 1000ml, se diluyen 100 gramos de sal de NaCl y se lleva a volumen.

#### **Oxido de Lantano:**

5 gramos de oxido de lantano en 25 ml de agua desionizada y adicionar 12,5 ml ácido clorhídrico concentrado (HCl), se agita permanentemente y se lleva a volumen de 50 ml con agua destilada.

Esta preparación se usa de la siguiente manera:

⇒ patrones: 0,2 ml de oxido de lantano

⇒ muestras: 1 ml de oxido de lantano

### ➤ BASES INTERCAMBIABLES:

#### **Solución standard de Calcio 500mg/L:**

Diluya 1249 gramos de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en 50 ml de agua desionizada y 10 ml de ácido clorhídrico HCl, se lleva a volumen de 1 litro con agua desionizada.

#### **Solución standard de Sodio 1000 mg/L:**

Diluir 254 gramos de Cloruro de Sodio (NaCl) en agua desionizada y se lleva a volumen de 1 litro.

#### **Solución standard Potasio 1000 ppm:**

Diluir 1907 gramos de Cloruro de Potasio (KCl) en agua desionizada y se lleva a volumen de 1 litro.

#### **Solución standard Magnesio:**

1000 gramos de Magnesio en relación de un mínimo de volumen de HCl. Diluir a 1 litro con volumen 1% (v/v) HCl.

**ANEXO B**  
**Diario de campo**





FECHA	ACTIVIDAD
Febrero 20 de 2005	Observación y recolección de muestras en el desierto de Zabinsky, zona de estudio (48 kilogramos de cada uno de los estratos)
Marzo 04 de 2005	Construcción y adecuación de la unidad experimental.
Abril 28 de 2005	Se entregó la muestra de suelo inicial al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Colombia, para análisis físicos.
Mayo 18 de 2005	Entrega del reporte del análisis de suelo por parte del laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Colombia.
Junio 08 de 2005	Se definieron los tratamientos y el número de repeticiones que se trabajaron.
Junio 13 de 2005	Se averiguó la dosis de E.M. a aplicar en los tratamientos que requerían del biofertilizante.
Junio 14 de 2005	Según los resultados del reporte de análisis de suelos de la Universidad Nacional de Colombia, se determinaron las necesidades de cada una de las plantas.
Junio 15 de 2005	Compra de fertilizantes químicos en TODO-AGRO para el tratamiento.
Junio 16 de 2005	Preparación del fertilizante químico completo para el tratamiento que lo necesita. (Mn, B, Cu, Zn, P y UR-FOS)
Junio 18 de 2005	Cálculo de riego para los tratamientos y sus repeticiones. Se hizo el cronograma de riego. Determinación de las características morfológicas a medir.
Junio 20 de 2005	Se homogenizó el suelo para el montaje de los tratamientos y a cada materia se le adicionó 1 Kg de cada estrato.
Junio 22 de 2005	Se hizo el cálculo de la cantidad de E.M. a aplicar en cada tratamiento.
Junio 22 de 2005	Montaje de tratamientos y siembra de plantas.
Junio 24 de 2005	Primer análisis morfológico y riego doble.
Junio 25 de 2005	Se observó que las plantas se están decayendo muy rápidamente.
Junio 29 a Julio 1 de 2005	Se realizó riego sencillo los días miércoles y viernes, a las plantas que presentan exceso de agua se les hace recirculación.
Julio 5 a 8 de 2005	Riego y recirculación de agua. Se hizo análisis morfológico el viernes 8.
Julio 11 a 15 de 2005	Se bajó la dosis de agua para riego a 300 ml pues el suelo está muy húmedo. Las plantas se están secando. Se reemplazaron las plantas de las materas #1 y #2 porque están muertas. Se realizaron los riegos correspondientes.
Julio 18 a 20 de 2005	Riego sencillo el día lunes.
Julio 21 de 2005	Análisis químico (capacidad de intercambio catiónico) para el suelo inicial.
Julio 22 de 2005	Riego sencillo, aunque correspondía doble porque el suelo estaba muy húmedo. Análisis morfológico. Lectura de bases intercambiables en el espectrofotómetro.
Julio 25 al 29 de 2005	Como las plantas estaban muy mal, se decidió volver a Zabinsky por más plántulas. Se baja el riego a 100 ml.
Julio 30 de 2005	Ida al desierto de Zabinsky, las plántulas de Acacia Japonesa se sacaron con autorización del predio de Colcerámicas S.A. Se trasplantaron las plántulas en



	cada una de las materas de los tratamientos.
Agosto 1 de 2005	Se bajo el riego a 50 ml. Se hizo análisis morfológico de las plantas nuevas. Riego sencillo.
Agosto 3 al 5 de 2005	Riego de 50 ml. Determinación de las fechas para análisis morfológico de plantas nuevas. Registro de temperatura. Se realizó morfológico para plantas viejas.
Agosto 8 al 12 de 2005	Se sube el riego a 100 ml. Se observó que las hojas de las plantas nuevas estaban cerradas y eso es debido a que tienen un mecanismo de defensa contra la evapotranspiración. Se abre el techo del invernadero para bajar temperatura. Se realizaron riego y registro de temperatura. El viernes se hizo morfológico de plantas nuevas.
Agosto 16 al 19 de 2005	Riego de 100 ml. Se tomaron 100 g de suelo de cada matera para hacer análisis de capacidad de intercambio catiónico. Análisis morfológico de plantas antiguas. Registro de temperaturas.
Agosto 22 al 26 de 2005	Riego de 100 ml y registro de temperatura. Análisis morfológico plantas nuevas. Se determino elementos para medir en los análisis foliares que toca hacer como pruebas finales de la investigación.
Agosto 29 de 2005	Se llevo a cabo las compras de materiales que necesitamos para los laboratorios de capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables a la mitad del proceso.
Agosto 30 de 2005	Análisis de capacidad de intercambio catiónico, a suelo en la mitad del proceso para llevar un seguimiento. No se realizaron lecturas de bases intercambiables por falta de presupuesto. Se hizo riego y registro de temperatura. Registro de temperatura.
Agosto 31 de 2005	Riego de 100 ml y registro de temperatura.
Septiembre 2 de 2005	Riego de 100 ml y registro de temperatura. Análisis morfológico de plantas antiguas.
Septiembre 5 al 9 de 2005	Se hizo riego de 100 ml a cada una de las repeticiones de los tratamientos y se registro la temperatura. El día viernes de llevo a cabo el análisis morfológico de plantas nuevas.
Septiembre 12 al 16 de 2005	Riego de 100 ml y registro de temperaturas. El análisis morfológico de las plantas nuevas se llevo a cabo el vienes.
Septiembre 19 al 23 de 2005	Riego de 100 ml y registro de temperatura. Se comenzó a buscar marco teórico para el documento de la investigación. El viernes se realizo el último morfológico que corresponde a plantas nuevas.
Octubre 3 de 2005	Se realizo el desmonte de los tratamientos con sus respectivas repeticiones. Se midieron los pesos húmedos de las plantas tanto nuevas como antiguas con y sin raíz. (ver anexo fotográfico)
Octubre 4 de 2005	Se hicieron los análisis de capacidad de intercambio catiónico para el suelo al final del proceso.
Octubre 5 de 2005	Se realizaron las lecturas para las bases intercambiables del final del proceso en el espectrofotómetro de absorción atómica.
Octubre 13 al 23 de 2005	Se hicieron los análisis foliares o vegetales de cada una de las repeticiones de los tratamientos. Se toaron los pesos de las plantas secas.

### CRONOGRAMA DE RIEGO

Fecha	Junio				Julio												Agosto												Septiembre										
	22	24	27	29	1	5	8	11	13	15	18	19	22	25	27	29	1	3	5	8	10	12	16	19	22	24	26	29	31	2	5	7	9	12	14	16	19	21	
Diana Montero																				8	10	12	16			24		29	31			7		12	14				
Angelica Diaz																									24														
Astrid Maldonado																																							
Diana Macana																																							
Xiomara Silva																																							
Andrea Torres R																																							

	Un solo Riego
	Doble Riego
	Aplicación EM
	Características Morfológicas

Nota: El riego debe realizarse antes de las 10:00 am y después de las 3:00 pm.

**ANEXO C**  
**Conversión mg/L a meq/100g de suelo**

Ejemplo:

Conversión de lectura de calcio del suelo inicial:

1 meq Ca  $\rightarrow$  20.04 mg Ca (valor de la valencia del elemento)  
 $X_1 \leftarrow$  64.042 mg Ca (valor de la lectura multiplicado por el factor de dilución) -  
blanco

$$X_1 = 3.196 \text{ meq Ca en } 64.042 \text{ mg de Ca}$$

Ahora:

3.196 meq Ca  $\rightarrow$  1000 ml  
 $X_2 \leftarrow$  250 ml

$$X_2 = 0.799 \text{ meq de Ca en } 250 \text{ ml}$$

Entonces:

0.799  $\rightarrow$  5 g de suelo  
 $X_3 \leftarrow$  100 g suelo

$$X_3 = 15.979$$

Luego, en 64.042 mg de Ca hay **15.979** meq/100g de suelo

**Conversión mg/L a meq/100g en plantas**

1. Pasar de mg/L a mg/Kg.

Lectura espectrofotómetro \* Factor de dilución \* (25 ml / peso seco de la planta)

Nota: los 25 ml, corresponden al volumen a que se llevaron las muestras para lectura.

2. Pasar de mg/Kg a meq/100g

Ejemplo:

Para la lectura de calcio (en plantas nuevas) del tratamiento T1, repetición r1, se tiene:

1. Pasar de mg/L a mg/Kg.

$$8.936 \frac{mg}{L} * 20 * \frac{25ml}{1.007g} = 4436.941 \frac{mg * ml}{L * g}$$

Ahora, convertimos a **mg/ Kg**:

$$4436.941 \frac{mg * ml}{L * g} * \frac{1L}{1000ml} * \frac{1000g}{1Kg} = 4436.941 \frac{mg}{Kg}$$

2. Pasar de mg/Kg a meq/100g

$$\begin{array}{lcl} 4436.941mg & \rightarrow & 1000g \\ X1 & \leftarrow & 100g \end{array}$$

$$X1 = 443.6941 \text{ mg}$$

$$\begin{array}{lcl} 1\text{meq de Ca} & \rightarrow & 20 \text{ mg} \\ X2 & \leftarrow & 443.6941 \text{ mg} \end{array}$$

$$X2 = 22.185 \text{ meq de Ca}$$

Luego, en 4436.941 mg/Kg de Ca en T1r1 de plantas nuevas, hay 22.185 meq de Ca en 100 g.

**ANEXO D**  
**Resultados de análisis realizados en la Universidad Nacional de Colombia**

REPORTES ANALISIS LABORATORIO SUELOS UNIVERSIDAD NACIONAL									
pH	Cationes Intercambiables				CIC	Ar	L	A	Textura
	Ca	K	Mg	Na					
	(meq/100g)					%			
5,7	8,05	0,83	4,07	0,41	24,1	30	22	49	FArA

**ANEXO E**  
**Tablas para interpretación de resultados**

pH 1:1	APRECIACIÓN	P PPM BRAY II	K meq/100g	% M.O			% N Total			CICA meq/100g	SATURACION BASES meq/100g
				CLIMA			CLIMA				
				Frío	Medio	Calido	Frío	Medio	Calido		
<4.5 Extremadamente ácido	Bajo	<15	<0.2	< 5	<3	<2	<0.25	<0.15	<.0.1	<10.0	<35
4.5 – 5.0	Medio	15 – 30		5 – 10	3 - 5	2 - 4	0.25 – 0.5	0.2 – 0.5	0.1 - 0.2	10 - 20	35 – 50
4.5 – 5.0 Muy fuertemente ácido	Alto	>30	>0.3	>10	>5	>4	>0.5	>0.3	>0.2	>20	>50
5.1 – 5.5 Fuertemente ácido	APRECIACIÓN	RELACION				Clasificación de suelos de acuerdo a sales y sodio			Saturación Aluminio (%)	APRECIACION	
5.1 – 5.5		Ca/Mg	Mg/K	Ca/K	Ca+Mg/K						
5.6 – 6.0 Medianamente ácido	RELACION IDEAL	2 - 4	3	6	10	CE dS/m	PSI %	CLASE	<15	Sin problemas en general, limitante para cultivos susceptibles	
6.1 – 6.5 Ligeramente ácido	K DEFICIENTE		>18	>30	>10	0 - 2 2 - 4 4 - 8 8 - 16 >16	INFERIOR A 15	Normal Límite S1 S2 S3	15 a 30	Limitante para cultivos moderadamente tolerantes	
6.5 – 7.3 Neutro	Mg DEFICIENTE	>10	<1								
7.4 – 7.8 Ligeramente alcalino	NIVEL CRITICO	*ELEMENTOS MENORES (ppm)									
7.9 – 8.4 Medianamente alcalino		Zn	Cu	Mn	Fe						
8.5 – 9.0 Fuertemente alcalino	Suelo	4 - 6	3 - 4	20 – 50	80 - 100	0 - 4 4 - 8 8 - 16 >16	SUPERIOR A 15	Sodico NaS1 NaS2 NaS3	>60	Niveles tóxicos para la mayoría de los cultivos	
>9.0 Extremadamente alcalino	Planta	30 - 100	5 - 25	30 – 200	60 - 500						
	* Extractables con DTPA. Boro: En suelos: 0.3 ppm, extractable en agua caliente En plantas: 30 – 80 ppm					INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI LABORATORIO DE SUELOS					

Fuente: IGAC

**TABLA DE INTERPRETACION DE ANALISIS FOLIARES**

BASE MATERIA SECA				
ELEMENTO	UNIDADES	NIVELES		
		ADECUADO	DEFICIENTE	TOXICO
Boro (B)	ppm	21 – 80	4 - 13	200
Calcio (Ca)	%	25 - 500	2.0	7.0
Cobre (Cu)	ppm	5 -20	15	-
Hierro (Fe)	ppm	80 - 250	48	300
Magnesio (Mg)	%	0.30 – 0.60	0.17	120
Manganeso (Mn)	ppm	30 - 150	12	200
Molibdeno (Mo)	ppm	0.1 – 0.3	0.05	-
Nitrógeno (N)	%	2.4 – 2.9	2.0	3.0
Sodio (Na)	%	0.16	-	0.30
Potasio (K)	%	0.5 - 15	4.0	20
Fósforo (P)	%	0.09 – 0.17	0.15 – 0.07	0.3
Azufre (S)	%	0.34 – 0.50	0.13	0.50
Zinc (Zn)	ppm	20 -80	15	300
Cloro (Cl)	%	0.20	-	0.45

**Fuente:** CHAPMAN h. Diagnostic Criteria For Plant and Soils. Universidad de California. USA 1980

BASE MATERIA SECA				
ELEMENTO	UNIDADES	NIVELES		
		ADECUADO	DEFICIENTE	TOXICO
Calcio (Ca)	meq/100g	31.25 – 62.5	25	87.5
Cobre (Cu)	meq/100g	0.008 – 0.031	0.002	-
Hierro (Fe)	meq/100g	0.286 – 0.895	0.172	1.074
Magnesio (Mg)	meq/100g	6.17 – 12.34	3.50	2467.92
Manganeso (Mn)	meq/100g	0.109 – 0.546	0.044	0.728
Sodio (Na)	meq/100g	6.96	-	13.04
Potasio (K)	meq/100g	127.87 – 383.61	102.3	511.48

**Fuente:** CHAPMAN h. Diagnostic Criteria For Plant and Soils. Universidad de California. USA 1980 Unidades en meq/100g con la colaboración de la Ingeniera Rosalina González. Universidad de la Salle.

**TABLA DE INTERPRETACION DE ANALISIS DE SUELOS**

ELEMENTO	METODO	UNIDADES	NIVELES		
			ADECUADO	DEFICIENTE	TOXICO
Aluminio (Al)	Intercambio	meq/100g	-	-	1.0
Boro (B)	Hunter (H <sub>2</sub> O)	ppm	0.8 – 1.0	0.3 – 0.5	10.0
Calcio (Ca)	Intercambio	meq/100g	10	1.8	-
Cobre (Cu)	Hunter (Tdt)	ppm	2.0	2.0 (1.0)	100
Magnesio (Mg)	Hunter S.O.	ppm	20 – 25	-	150
Manganeso (Mn)	Intercambio	meq/100g	4.0	1.5 (0.8)	7.0
Molibdeno (Mo)	Hunter	ppm	5 – 7	2.0	-
Nitrógeno (N)	Total	%	0.15	0.05	0.30
Fósforo (P)	Total Bray II	ppm	30 – 50	20 (10)	60
Potasio (K)	Intercambio	meq/100g	0.15 – 0.25	0.09	0.6
Sodio (Na)	Intercambio	%	0.5 – 5.0	-	9.0
Azufre (S)	Hunter	ppm	10 – 14	3.0	30.0
Carbón org. (C)		%	17 – 27	1.5	-
Salinidad	CE		0.2 – 1.9	-	3.5
C.I.C		meq/100g	10 - 25	10	-
Materia orgánica		%	2 - 40	1.2	-

**Fuente:** CHAPMAN h. Diagnostic Criteria For Plant and Soils. Universidad de California. USA 1980



**ANEXO F**  
**Registro De Temperatura**

FECHA	Tº MAX ACUM	Tº MAX ACT	Tº MIN ACUM	Tº MIN ACT
03-Ago	28	27	21	28
04-Ago	42	31	12	30
05-Ago	39	20	11	22
06-Ago	37	26	12	36
08-Ago	45	31,5	10	32
10-Ago	35	14	11,5	16,5
12-Ago	30,3	18	11,3	22
16-Ago	34	22	24	11
17-Ago	30	30	12	31
19-Ago	30	15	9	16
20-Ago	30	16,3	9	17
22-Ago	33	11	9	18
24-Ago	30	21	10	21
26-Ago	32	19,5	10	24
29-Ago	31,3	16,7	11	22
30-Ago	32	19,5	13,5	23
31-Ago	13	17,8	12,7	17
02-Sep	28	18	10,3	19,5
05-Sep	19,7	17,7	20,5	21,3
07-Sep	37	12	11	18
08-Sep	29	16	11	7
09-Sep	30,5	24,5	16,5	25
12-Sep	32	19	10,5	20
14-Sep	31	24	9	25
16-Sep	20,7	13,7	15	15,4
19-Sep	20	14	13	18
20-Sep	24	11	11	16
21-Sep	31	12	9	13
22-Sep	27	31	27	11
23-Sep	28	18	11	18
24-Sep	25	22	10	23
26-Sep	27	14	8	15
28-Sep	30	30	29	11
30-Sep	34	20	10	21

**ANEXO G**  
**Valores de pH**

TRATAMIENTO	pH
INICIAL	6,09
T1 r1	6
T1 r2	6,35
T1 r3	6,01
T2 r1	5,84
T2 r2	6,04
T2 r3	5,9
T3 r1	7,3
T3 r2	7,27
T3 r3	7,3
T4 r1	6,81
T4 r2	7,15
T4 r3	6,64
T5 r1	8,31
T5 r2	7,23
T5 r3	7,19
T6 r1	7,37
T6 r2	7,44
T6 r3	7,59
T7 r1	7,34
T7 r2	8,37
T7 r3	8,33
T8 r1	7,74
T8 r2	8,04
T8 r3	7,52

**PROMEDIOS**

TRATAMIENTO	pH
Inicial	6,090
T 1	6,120
T 2	5,927
T 3	7,290
T 4	6.867
T 5	7.577
T 6	7.467
T 7	8.013
T 8	7.767

**ANEXO H**  
**Resultados Capacidad De Intercambio Catiónico**

TRATAMIENTO	C.I.C INICIAL (meq / 100g)	C.I.C MITAD (meq / 100g)	C.I.C FINAL (meq / 100g)
T1 r1	21,2	18,2	18
T1 r2	21,2	22	15
T1 r3	21,2	19,4	14
T2 r1	21,2	19,8	16
T2 r2	21,2	22,2	15
T2 r3	21,2	30,2	12
T3 r1	21,2	31,6	20
T3 r2	21,2	27,8	20,2
T3 r3	21,2	23,2	19
T4 r1	21,2	20,7	14
T4 r2	21,2	24,7	18,6
T4 r3	21,2	23,4	20
T5 r1	21,2	24	22,8
T5 r2	21,2	23,7	25
T5 r3	21,2	38,8	23,4
T6 r1	21,2	36,4	31,3
T6 r2	21,2	38	28
T6 r3	21,2	31,8	29,2
T7 r1	21,2	23	26,2
T7 r2	21,2	20,6	26,5
T7 r3	21,2	28,7	35,5
T8 r1	21,2	40,3	30,4
T8 r2	21,2	33	33,8
T8 r3	21,2	38,6	32

**PROMEDIOS**

TRATAMIENTO	C.I.C INICIAL (meq / 100g)	C.I.C MITAD (meq / 100g)	C.I.C FINAL (meq / 100g)
T1	21.2	19.86	15.66
T2	21.2	24.06	14.33
T3	21.2	27.53	19.73
T4	21.2	22.93	17.53
T5	21.2	28.83	23.73
T6	21.2	35.4	29.5
T7	21.2	24.1	29.4
T8	21.2	37.3	32.06

**ANEXO I**  
**Análisis Morfológico Plantas Antiguas**

Julio 08

TRATAMIENTO	No HOJAS	DIAMETRO TALLOS (mm)
T1 r1	42	4
T1 r2	31	5
T1 r3	134	6,85
T2 r1	84	5,23
T2 r2	43	4,71
T2 r3	51	5,28
T3 r1	79	5,05
T3 r2	70	3,65
T3 r3	92	5,18
T4 r1	42	4,23
T4 r2	52	3,7
T4 r3	52	2,85
T5 r1	36	2,2
T5 r2	39	2,81
T5 r3	42	2,98
T6 r1	49	3,49
T6 r2	59	4,1
T6 r3	73	5,44
T7 r1	84	5,19
T7 r2	77	5,05
T7 r3	74	4,74
T8 r1	113	6,13
T8 r2	80	2,7
T8 r3	59	3,6

Julio 22

TRATAMIENTO	No YEMAS	DIAMETRO TALLOS (mm)
T1 r1	1	4,83
T1 r2	1	5,11
T1 r3	3	7,33
T2 r1	1	5,34
T2 r2	3	4,48
T2 r3	3	5,02
T3 r1	1	4,59
T3 r2	3	4,05

T3 r3	4	5,19
T4 r1	3	4,4
T4 r2	1	3,81
T4 r3	2	3,04
T5 r1	1	2,34
T5 r2	1	3,45
T5 r3	1	3
T6 r1	1	3,51
T6 r2	2	4,1
T6 r3	3	6,73
T7 r1	4	5
T7 r2	2	5,33
T7 r3	3	4,71
T8 r1	3	6,79
T8 r2	4	2,65
T8 r3	2	4,7

Agosto 05

TRATAMIENTO	No. RAMAS	No. HOJAS	No. YEMAS	DIAMETRO TALLOS (mm)
T1 r1	0	0	3	5
T1 r1,1	2	8	1	5,23
T1 r2	2	1	2	5,35
T1 r1,2	6	17	7	5,40
T1 r3	21	50	5	7,38
T2 r1	6	33	3	5,43
T2 r2	5	27	4	4,1
T2 r3	5	22	3	5,13
T3 r1	6	0	0	4,5
T3 r2	6	26	7	3,81
T3 r3	9	53	4	5,28
T4 r1	7	35	2	2,77
T4 r2	5	37	2	3,64
T4 r3	9	35	2	3,13
T5 r1	5	32	1	2,38
T5 r2	4	20	2	3,75
T5 r3	4	22	1	3,4
T6 r1	8	30	2	3,5
T6 r2	8	45	2	4,23
T6 r3	8	48	4	6
T7 r1	11	72	5	5
T7 r2	7	42	2	5,62
T7 r3	7	45	3	5

T8 r1	11	73	3	6,8
T8 r2	12	70	5	2,6
T8 r3	8	61	1	4,5

Agosto 19

TRATAMIENTO	No. RAMAS	No. HOJAS	No. YEMAS	PERIMETRO TALLOS (mm)	OBSERVACIONES
T1 r1	0	0	2	12	
T1 r1,1	2	1	2	12,55	Yemas secas
T1 r2	2	1	0	14	
T1 r2,1	7	58	2	14	1 rama muerta
T1 r3	17	65	6	33	
T2 r1	4	30	4	18	Las yemas están secas, pasto
T2 r2	3	7	4	13	Las yemas están secas
T2 r3	5	31	2	17	Una rama sin hojas
T3 r1	5	0	0	16	2 hojas secas
T3 r2	4	33	4	13	Las yemas están secas
T3 r3	8	60	5	15	Las yemas están secas.
T4 r1	6	39	4	13	Las yemas están secas.
T4 r2	2	57	0	11	
T4 r3	6	36	1	10	La yema esta seca
T5 r1	5	30	1	7	
T5 r2	3	17	2	9	Las yemas están secas.
T5 r3	5	26	1	10	
T6 r1	8	34	2	12	
T6 r2	8	47	4	13	
T6 r3	10	60	4	17	
T7 r1	10	93	2	17	
T7 r2	4	46	3	16	
T7 r3	7	33	0	17	Presencia de maleza
T8 r1	10	69	3	21	Las yemas están mal.
T8 r2	13	73	5	16	
T8 r3	8	59	2	14	

Septiembre 02

TRATAMIENTO	No. RAMAS	No. HOJAS	No. YEMAS	PERIMETRO TALLO (mm)	OBSERVACIONES
T1 r1	0	0	0	13	Maleza
T1 r1,1	0	0	2	13,5	Yemas secas
T1 r2	0	3	1	19	1 rama sin hojas
T1 r2,1	4	36	5	17	2 ramas sin hojas
T1 r3	14	48	4	17	Yemas secas

T2 r1	4	29	4	18	Yemas secas
T2 r2	1	5	1	15	Yemas seca y 1 rama sin hojas
T2 r3	4	23	4	18	Yemas secas y una rama sin hojas
T3 r1	3	0	0	14	
T3 r2	4	30	4	12	Las yemas están secas
T3 r3	6	41	2	15	yemas secas. 1 rama sin hojas
T4 r1	4	24	3	19	yemas secas. 1 rama sin hojas, presencia de maleza y pasto
T4 r2	4	25	0	10	1 rama sin hojas, maleza y pasto
T4 r3	4	30	1	11	La yema esta seca, maleza
T5 r1	4	24	4	9	Yemas secas
T5 r2	4	10	1	10	La yema esta seca. Maleza
T5 r3	4	27	0	10	
T6 r1	5	15	3	14	Yemas secas, 2 ramas sin hojas
T6 r2	7	37	4	14	Yemas secas, 1 rama sin hojas
T6 r3	5	29	5	16,5	Yemas secas, 4 ramas sin hojas
T7 r1	10	42	3	19	Yemas secas, 1 rama sin hojas, pasto
T7 r2	3	29	1	16	Yemas seca, 1 rama sin hojas, pasto
T7 r3	4	30	3	13	Yemas secas
T8 r1	8	60	3	18	Yemas secas, 2 ramas sin hojas
T8 r2	11	50	5	20	Yemas secas
T8 r3	7	33	2	8	Yemas secas

Septiembre 16

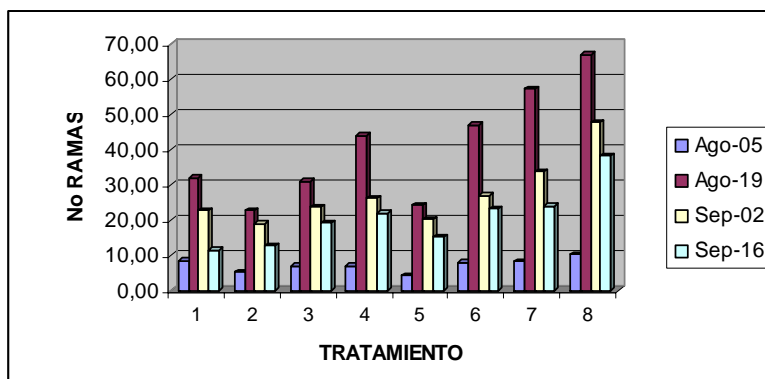
TRATAMIENTO	No. RAMAS	No. HOJAS	No. YEMAS	PERIMETRO TALLOS (mm)	OBSERVACIONES
T1 r1	0	0	0	14	Maleza y vectores
T1 r1,1	0	0	0	14,8	Yemas secas
T1 r2	0	0	1	16	
T1 r2,1	4	18	6	17	2 ramas sin hojas
T1 r3	10	26	3	28	Yemas secas
T2 r1	4	25	4	18	Yemas secas
T2 r2	1	3	1	15	Yemas secas y 1 rama sin hojas, maleza
T2 r3	3	10	5	19	Yemas secas y una rama sin hojas
T3 r1	2	0	0	13	2 ramas sin hojas, maleza
T3 r2	3	22	5	13,5	Las yemas están secas, maleza
T3 r3	5	36	3	8	Las yemas están secas. 1 rama sin hojas, maleza y pasto
T4 r1	4	20	2	15	Las yemas están secas, pasto
T4 r2	3	24	0	11	1 rama sin hojas, maleza y pasto
T4 r3	4	22	3	9	La yema esta seca, maleza
T5 r1	4	20	2	11	Yemas secas
T5 r2	2	6	2	11	Yemas secas. Maleza

T5 r3	3	20	1	11	Maleza
T6 r1	5	12	3	13	Yemas secas, 2 ramas sin hojas
T6 r2	7	33	4	13	Yemas secas, 1 rama sin hojas
T6 r3	5	25	3	16	Yemas secas, 3 ramas sin hojas
T7 r1	5	29	3	17	Yemas secas, pasto, 3 ramas sin hojas
T7 r2	3	28	1	16	Yemas seca, 1 rama sin hojas, pasto
T7 r3	2	15	4	15	Yemas secas, 1 rama sin hojas
T8 r1	7	52	2	18	Yemas secas, 1 ramas sin hojas
T8 r2	8	30	5	20	Yemas secas
T8 r3	5	33	2	8	Yemas secas, 1rama sin hojas

#### CONSOLIDADO RAMAS POR TRATAMIENTO PLANTAS ANTIGUAS

TRATAMIENTO	Ago-05	Ago-19	Sep-02	Sep-16
T1	8,67	32,00	22,67	11,67
T2	5,33	22,67	19,00	12,67
T3	7,00	31,00	23,67	19,33
T4	7,00	44,00	26,33	22,00
T5	4,33	24,33	20,33	15,33
T6	8,00	47,00	27,00	23,33
T7	8,33	57,33	33,67	24,00
T8	10,33	67,00	47,67	38,33

#### GRAFICA No RAMAS POR TRATAMIENTO EN PLANTAS ANTIGUAS



Fuente: Las Autoras. 2005

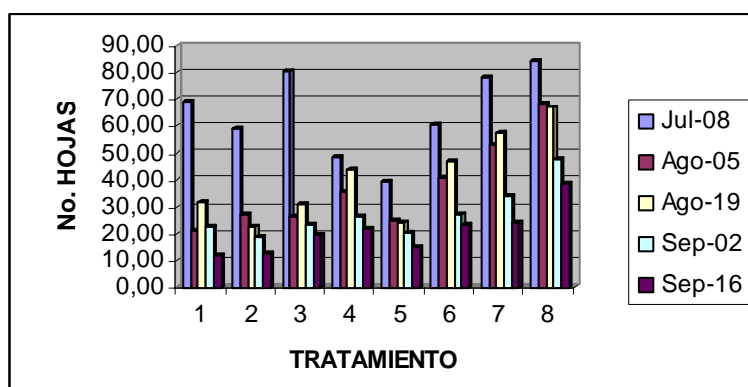
#### CONSOLIDADO HOJAS POR TRATAMIENTO PLANTAS ANTIGUAS

TRATAMIENTO	Jul-08	Ago-05	Ago-19	Sep-02	Sep-16
1	69,00	21,00	32,00	22,67	11,67
2	59,33	27,33	22,67	19,00	12,67
3	80,33	26,33	31,00	23,67	19,33
4	48,67	35,67	44,00	26,33	22,00



5	39,00	24,67	24,33	20,33	15,33
6	60,33	41,00	47,00	27,00	23,33
7	78,33	53,00	57,33	33,67	24,00
8	84,00	68,00	67,00	47,67	38,33

**GRAFICA No HOJAS POR TRATAMIENTO EN PLANTAS ANTIGUAS**

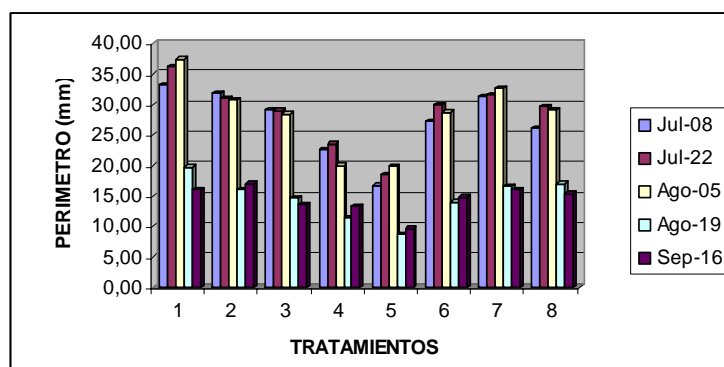


Fuente: Las Autoras. 2005

**CONSOLIDADO PERIMETRO (mm) POR TRATAMIENTO PLANTAS ANTIGUAS**

TRATAMIENTO	Jul-08	Jul-22	Ago-05	Ago-19	Sep-02	Sep-16
T1	33,20	36,17	37,43	19,76	16,08	19,63
T2	31,88	31,08	30,70	16,00	17,00	17,33
T3	29,07	28,97	28,46	14,67	13,67	11,50
T4	22,58	23,56	19,98	11,33	13,33	11,67
T5	16,73	18,41	19,96	8,67	9,67	11,00
T6	27,29	30,03	28,76	14,00	14,83	14,00
T7	31,37	31,50	32,71	16,67	16,00	16,00
T8	26,03	29,61	29,11	17,00	15,33	15,33

**GRAFICA PERIMETRO POR TRATAMIENTO EN PLANTAS ANTIGUAS**



## Análisis Morfológico Plantas Nuevas

Agosto 01

TRATAMIENTO	No RAMAS	No HOJAS	No YEMAS	DIAMETRO TALLOS (mm)	OBSERVACIONES
T1 r1	4	27	1	3,05	
T1 r2	4	30	5	4,83	
T1 r3	6	30	2	3,16	
T2 r1	6	28	1	3,52	Aparición de pasto
T2 r2	4	18	1	2,65	
T2 r3	6	35	4	3,56	
T3 r1	8	39	3	2,96	Aparición de pasto y maleza
T3 r2	4	34	1	3,22	Aparición de pasto y maleza
T3 r3	4	32	1	2,87	
T4 r1	6	30	1	2,65	Aparición de pasto
T4 r2	4	30	1	2,96	Aparición de pasto y maleza
T4 r3	4	23	1	2,32	Aparición de maleza
T5 r1	5	29	1	2,55	
T5 r2	5	22	2	3,16	
T5 r3	4	26	2	2,85	
T6 r1	4	25	1	2,45	
T6 r2	6	38	4	3,9	
T6 r3	4	21	1	3,31	
T7 r1	4	17	0	1,67	
T7 r2	3	20	1	2,38	Aparición de pasto
T7 r3	4	23	1	3,67	Aparición de pasto
T8 r1	4	17	1	2,48	
T8 r2	5	30	1	2,65	Aparición de maleza
T8 r3	5	28	1	2,63	

Agosto 12

TRATAMIENTO	No RAMAS	No HOJAS	No YEMAS	DIAMETRO TALLOS (mm)	OBSERVACIONES
T1 r1	4	27	1	3.50	1 rama sé esta secando
T1 r2	6	0	1	5.02	3 ramas sin hojas, 4 hojas secas
T1 r3	4	25	1	3.20	1 rama sin hojas, y 1 hoja seca
T2 r1	4	28	1	3.27	1 rama seca y 4 hojas secas
T2 r2	3	10	1	2.96	2 hojas secas
T2 r3	5	25	4	3,7	8 hojas secas
T3 r1	10	26	4	2	2 hojas secas
T3 r2	4	30	4	3.37	2 hojas secas
T3 r3	4	24	1	3.25	10 hojas secas
T4 r1	2	0	0	3.40	presencia de gusanos

T4 r2	4	36	2	3.00	
T4 r3	4	22	1	3.2	
T5 r1	5	27	2	2.19	5 hojas secas y el resto amarillas
T5 r2	4	28	2	2.81	Las hojas están secas
T5 r3	4	23	3	3.06	15 hojas secas
T6 r1	4	24	2	2.13	Las hojas están secas
T6 r2	8	37	5	3.9	3 ramas sin hojas, el resto seca
T6 r3	4	21	3	2.37	Las hojas están secas
T7 r1	5	14	2	1.79	10 hojas secas, 2 ramas sin hojas
T7 r2	3	22	3	2.28	
T7 r3	4	22	1	2.69	8 hojas secas
T8 r1	4	22	2	3.00	Las hojas están secas
T8 r2	5	26	2	2.70	
T8 r3	5	26	3	2.36	

Agosto 26

TRATAMIENTO	No RAMAS	No HOJAS	No YEMAS	PERIMETRO TALLOS (mm)	OBSERVACIONES
T1 r1	3	22	1	10	
T1 r2	6	42	7	15	1 rama con 5 hojas secas, otra sin hojas
T1 r3	4	25	3	15	
T2 r1	4	30	8	13	Pasto, una yema abriendo
T2 r2	3	10	2	11	1 rama sin hojas, una yema abriendo
T2 r3	7	22	3	6	Las 3 yemas abriendo
T3 r1	7	22	3	6	
T3 r2	5	29	5	11	1 yema abriendo
T3 r3	3	28	5	8	
T4 r1	3	11	3	8	Una yema abriendo
T4 r2	4	30	3	14	1 rama sin hojas. Maleza y pasto
T4 r3	2	30	5	8	Una yema abriendo
T5 r1	4	22	3	9.5	Seca a muerta
T5 r2	3	22	2	8	Una yema abriendo
T5 r3	3	13	3	8	Una yema abriendo
T6 r1	5	23	4	8	Seca a muerta
T6 r2	7	39	4	10	Seca a muerta
T6 r3	4	18	3	9	
T7 r1	1	4	1	6	Pasto, planta en recuperac.
T7 r2	2	14	4	7	Pasto
T7 r3	3	14	4	6	
T8 r1	3	18	2	7	Muerta
T8 r2	5	27	3	9	Pasto
T8 r3	4	2	3	7	Seca a muerta

Septiembre 09

TRATAMIENTO	No RAMAS	No HOJAS	No YEMAS	PERIMETRO TALLOS (mm)	OBSERVACIONES
T1 r1	3	22	2	10	
T1 r2	4	42	7	20	Maleza
T1 r3	5	37	2	12	1 rama regular
T2 r1	5	42	6	11	
T2 r2	3	18	1	8	1 rama sin hojas
T2 r3	4	39	6	14	
T3 r1	12	48	4	9	
T3 r2	5	42	5	13	
T3 r3	1	5	2	8	
T4 r1	1	8	4	10	Maleza y pasto
T4 r2	4	44	4	13	Maleza y pasto
T4 r3	7	56	6	12	Maleza y pasto
T5 r1	2	7	2	12	1 rama sin hojas, esta muy mal
T5 r2	3	16	1	9	Maleza
T5 r3	1	7	4	9	Regular
T6 r1	4	18	2	9	
T6 r2	4	24	5	11	Seca
T6 r3	2	10	3	8	Tallo partido
T7 r1	2	10	1	9	1 rama sin hojas
T7 r2	2	12	4	6.5	Pasto
T7 r3	2	11	2	7	
T8 r1	3	18	2	8	
T8 r2	3	17	3	9	Seca
T8 r3	3	22	2	9	Seca

Septiembre 22

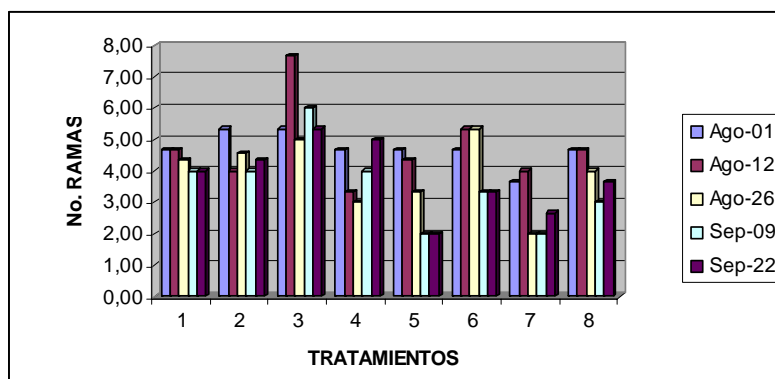
TRATAMIENTO	No RAMAS	No HOJAS	No YEMAS	PERIMETRO TALLOS (mm)	OBSERVACIONES
T1 r1	3	18	6	10	4 hojas amarillas y deshojándose
T1 r2	5	56	9	18	1 rama sin hojas
T1 r3	4	34	5	17	
T2 r1	6	56	8	14	3 ramas deshojándose
T2 r2	3	16	1	8.5	1 rama sin hojas
T2 r3	4	48	9	15	1 rama sin hojas, 4 hojas amarillas, 1 rama deshojándose
T3 r1	11	62	8	10	
T3 r2	4	24	4	10	Ramas secas
T3 r3	1	2	1	15	
T4 r1	2	9	3	10	
T4 r2	5	48	5	16	
T4 r3	8	57	9	14	
T5 r1	2	7	11	1	1 rama sin hojas
T5 r2	3	16	1	9	
T5 r3	1	6	3	11	Regular

T6 r1	4	18	3	8	Secas – amarillas
T6 r2	4	23	4	1	Secas – amarillas
T6 r3	2	10	3	8	Secas – amarillas
T7 r1	3	14	4	8	Regular
T7 r2	3	10	3	8	Secas – amarillas
T7 r3	2	11	2	8	Secas – amarillas
T8 r1	4	15	2	6	Secas – amarillas
T8 r2	3	14	2	7	Secas – amarillas
T8 r3	4	20	2	13	Secas – amarillas

#### CONSOLIDADO RAMAS POR TRATAMIENTO PLANTAS NUEVAS

TRATAMIENTO	Ago-01	Ago-12	Ago-26	Sep-09	Sep-22
T1	4,67	4,67	4,33	4,00	4,00
T2	5,33	4,00	4,56	4,00	4,33
T3	5,33	7,67	5,00	6,00	5,33
T4	4,67	3,33	3,00	4,00	5,00
T5	4,67	4,33	3,33	2,00	2,00
T6	4,67	5,33	5,33	3,33	3,33
T7	3,67	4,00	2,00	2,00	2,67
T8	4,67	4,67	4,00	3,00	3,67

#### GRAFICA No RAMAS POR TRATAMIENTO EN PLANTAS NUEVAS



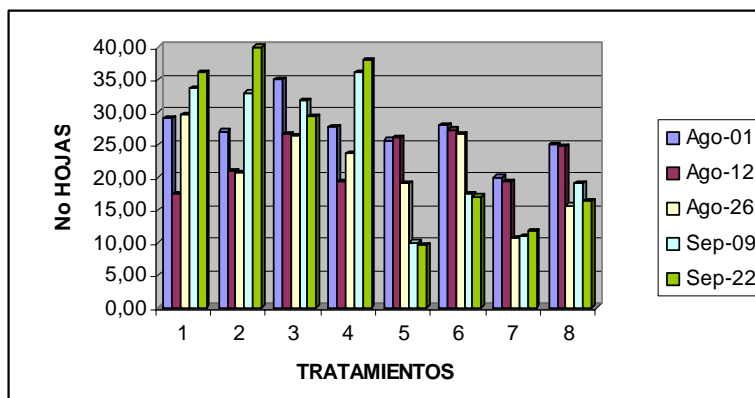
Fuente: Las Autoras. 2005

#### CONSOLIDADO HOJAS POR TRATAMIENTO PLANTAS NUEVAS

TRATAMIENTO	Ago-01	Ago-12	Ago-26	Sep-09	Sep-22
T1	29,00	17,33	29,67	33,67	36,00
T2	27,00	21,00	20,67	33,00	40,00
T3	35,00	26,67	26,33	31,67	29,33
T4	27,67	19,33	23,67	36,00	38,00
T5	25,67	26,00	19,00	10,00	9,67

T6	28,00	27,33	26,67	17,33	17,00
T7	20,00	19,33	10,67	11,00	11,67
T8	25,00	24,67	15,67	19,00	16,33

**GRAFICA No HOJAS POR TRATAMIENTO EN PLANTAS NUEVAS**

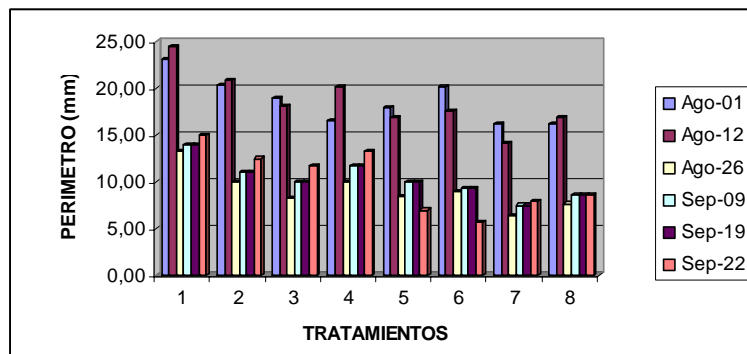


Fuente: Las Autoras. 2005

**CONSOLIDADO PERIMETRO (mm) POR TRATAMIENTO PLANTAS NUEVAS**

TRATAMIENTO	Ago-01	Ago-12	Ago-26	Sep-09	Sep-19	Sep-22
T1	23,12	24,55	13,33	14,00	14,00	15,00
T2	20,38	20,80	10,00	11,00	11,00	12,50
T3	18,95	18,05	8,33	10,00	10,00	11,67
T4	16,61	20,11	10,00	11,67	11,67	13,33
T5	17,93	16,88	8,50	10,00	10,00	7,00
T6	20,23	17,59	9,00	9,33	9,33	5,67
T7	16,17	14,16	6,33	7,50	7,50	8,00
T8	16,25	16,88	7,67	8,67	8,67	8,67

**GRAFICA PERIMETRO POR TRATAMIENTO EN PLANTAS NUEVAS**



Fuente: Las Autoras. 2005

**ANEXO J**  
**Resultados de Bases Intercambiables**

TRATAMIENTOS	CALCIO	MAGNESIO	POTASIO	SODIO
	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)
Inicial	15,979	4,926	1,254	1,936
1	5,378	3,267	0,898	0,189
2	4,709	4,018	1,094	0,603
3	7,381	4,755	4,968	1,793
4	5,347	4,221	3,739	0,760
5	8,873	10,349	10,164	2,477
6	0,892	0,802	0,889	2,618
7	10,006	9,636	11,997	2,077
8	9,031	0,792	0,528	2,771

**Calculo del Porcentaje de Saturación de Bases Intercambiables**

TRATAMIENTOS	Ca	Mg	K	Na	Σ BASES	C.I.C.	% SATURACION
Inicial	15,979	4,926	1,254	1,936	24,094	21,200	113,652
1	5,378	3,267	0,898	0,189	9,732	15,667	62,122
2	4,709	4,018	1,094	0,603	10,424	14,333	72,724
3	7,381	4,755	4,968	1,793	18,898	19,733	95,766
4	5,347	4,221	3,739	0,760	14,066	17,533	80,226
5	8,873	10,349	10,164	2,477	31,863	23,733	134,256
6	0,892	0,802	0,889	2,618	5,202	29,500	17,633
7	10,006	9,636	11,997	2,077	33,716	29,400	114,681
8	9,031	0,792	0,528	2,771	13,122	32,067	40,920

**Calculo de Relaciones Entre Bases Intercambiables**

TRATAMIENTOS	RELACION Ca/Mg	RELACION Mg/K	RELACION Ca/K	RELACION (Ca+Mg)/K
Inicial	3,244	3,927	12,740	16,667
1	1,646	3,636	5,986	9,622
2	1,172	3,674	4,305	7,979
3	1,552	0,957	1,486	2,443
4	1,267	1,129	1,430	2,559
5	0,857	1,018	0,873	1,891
6	1,112	0,903	1,004	1,906
7	1,038	0,803	0,834	1,637
8	11,409	1,498	17,089	18,586

**ANEXO K**  
**Resultados Análisis Tejido Vegetal, Plantas Nuevas**

TRATAM	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Cu
	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)
T1 r1	22,185	9,734	31.923	3.988	0.038	0.110	0.008
T1 r2	24,695	9,996	29.726	2.512	1.336	0.195	0.011
T1 r3	13,810	5,498	12.493	2.163	0.363	0.104	0.004
T2 r1	17,463	6,202	28.995	3.807	0.427	0.191	0.004
T2 r2	18,847	7,587	26.901	2.843	0.524	0.198	0.006
T2 r3	19,593	8,708	23.932	1.793	0.602	0.198	0.008
T3 r1	8,227	8,227	22.019	3.068	0.907	0.110	0.012
T3 r2	18,258	8,700	21.442	4.086	0.841	0.077	0.011
T3 r3	32,070	12,427	62.044	8.304	1.461	0.183	0.031
T4 r1	62,946	23,619	79.461	11.320	10.902	0.280	0.029
T4 r2	22,418	9,899	28.885	3.622	0.692	0.159	0.009
T4 r3	32,925	12,510	45.906	3.080	1.921	0.296	0.008
T5 r1	24,274	11,542	43.473	9.892	1.052	0.103	0.021
T5 r2	56,061	23,872	50.927	14.234	1.601	0.276	0.022
T5 r3	26,105	17,159	57.724	9.741	0.802	0.113	0.016
T6 r1	34,129	11,393	40.188	15.851	1.032	0.091	0.017
T6 r2	56,493	19,494	33.492	12.025	5.591	0.514	0.031
T6 r3	49,485	14,825	32.347	15.222	1.551	0.183	0.039
T7 r1	22,872	13,008	66.352	12.137	1.801	0.159	0.025
T7 r2	9,288	5,494	26.229	3.349	0.631	0.053	0.011
T7 r3	25,130	15,449	69.001	11.761	1.430	0.111	0.032
T8 r1	68,815	30,849	180.440	40.741	4.223	0.407	0.077
T8 r2	29,840	9,223	39.650	6.203	2.142	0.250	0.008
T8 r3	33,567	13,990	51.323	15.180	2.064	0.159	0.044

**Resultados Análisis Tejido Vegetal, Plantas Antiguas**

TRATAM	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Cu
	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)	(meq/100g)
T1 r1	21.199	8,223	19,237	3,139	0,023	0,203	0,009
T1 r2	13.544	8,368	15,826	3,470	0,414	0,089	0,001
T1 r3	19.853	9,556	18,677	5,618	0,701	0,017	0,008
T2 r1	24.188	7,025	15,766	3,202	0,313	0,129	0,004
T2 r2	22.355	7,718	14,846	4,460	0,202	0,111	0,007
T2 r3	20.473	8,391	13,892	5,704	1,827	0,092	0,010
T3 r1	18.577	12,697	30,126	6,025	0,614	0,126	0,013



T3 r2	18.888	7,407	12,861	6,180	0,718	0,186	0,019
T3 r3	13.350	9,350	12,224	4,120	0,357	0,100	0,004
T4 r1	17.712	10,551	22,026	4,101	0,882	0,142	0,017
T4 r2	9.400	4,084	11,803	3,467	2,459	0,040	0,012
T4 r3	21.216	10,191	21,283	15,013	0,670	0,135	0,038
T5 r1	45.481	9,661	2,533	10,155	3,236	0,284	0,072
T5 r2	37.107	18,626	4,689	26,229	1,213	0,244	0,018
T5 r3	20.730	10,457	2,275	8,202	0,678	0,181	0,013
T6 r1	10.686	5,243	8,260	5,180	0,438	0,100	0,005
T6 r2	17.170	9,679	37,466	3,891	0,522	0,182	0,005
T6 r3	21.026	9,867	13,464	5,525	0,803	0,165	0,006
T7 r1	31.325	20,947	38,233	5,104	1,704	0,130	0,017
T7 r2	22.498	16,091	23,912	8,886	0,802	0,181	0,007
T7 r3	19.890	8,671	48,719	5,535	0,607	0,149	0,007
T8 r1	27.150	9,267	30,433	3,335	0,371	0,249	0,014
T8 r2	22.291	9,107	18,580	4,818	1,524	0,191	0,019
T8 r3	26.775	9,074	34,269	4,380	0,915	0,330	0,021

#### Análisis de los Abonos Aplicados

ABONO	CALCIO (meq/100g)	MAGNESIO meq/100g	SODIO meq/100g	POTASIO meq/100g	HIERRO meq/100g	MANGANESO meq/100g	COBRE Meq/100g
E.M. en dilución	2,238	0,018	0,4870	2,603	0,037	0,003	0,001
Compost	150,550	1,239	2,7087	64,447	17,893	2,439	0,043
Mulch	32,950	0,271	1,1261	7,979	0,611	0,075	0,026
Gallinaza	428,750	3,529	5,8022	87,847	1,131	1,735	0,091
	614,488	5,058	10,124	162,877	19,672	4,252	0,161

**ANEXO L**  
**Desmonte Tratamientos, Pesos Plantas Antiguas**

PLANTA	PESO PLANTA + RAIZ (g)	PESO RAIZ (g)	PESO PLANTA HUMEDA (g)	PESO PLANTA SECA (g)
T1 r1 (1)	7,000	5,600	1,100	1,128
T1 r1 (2)	1,700	0,400	1,000	
T1 r2 (1)	3,900	1,900	1,900	2,053
T1 r2 (2)	1,000	0,600	0,500	
T1 r3	8,100	2,600	5,300	4,347
T2 r1	3,700	1,200	2,300	1,990
T2 r2	2,700	1,500	1,200	1,092
T2 r3	4,100	2,000	2,000	2,815
T3 r1	3,400	2,500	0,900	0,645
T3 r2	3,300	1,500	1,800	1,365
T3 r3	6,000	3,500	2,600	2,166
T4 r1	2,900	1,000	1,900	1,603
T4 r2	2,600	1,500	1,100	0,824
T4 r3	2,400	1,200	1,300	1,270
T5 r1	2,400	1,800	0,900	0,525
T5 r2	1,700	1,000	0,500	0,420
T5 r3	1,900	0,900	2,800	0,815
T6 r1	2,900	1,500	1,500	1,190
T6 r2	4,600	2,900	2,000	1,320
T6 r3	6,800	4,400	2,100	1,179
T7 r1	10,000	5,000	4,700	3,245
T7 r2	5,700	3,200	2,500	2,209
T7 r3	8,500	6,300	2,300	1,794
T8 r1	6,800	3,000	3,800	2,976
T8 r2	6,800	2,500	4,400	3,670
T8 r3	13,600	7,300	6,300	5,071
Peso de las dos plantas antiguas como una sola				

**Desmonte Tratamientos, Pesos Plantas Nuevas**

PLANTA	PESO PLANTA + RAIZ (g)	PESO RAIZ (g)	PESO PLANTA HUMEDA (g)	PESO PLANTA SECA (g)
T1 r1	5,6	1,6	3,8	1,6
T1 r2	16,7	8,2	8	2,8
T1 r3	6,7	4,3	3,5	1,6
T2 r1	13,4	5,4	7	2,6
T2 r2	3,9	1,3	2,5	1,0

T2 r3	16,3	8,3	7,6	1,6
T3 r1	24,7	11,8	12,7	3,3
T3 r2	4	2,8	1,4	1,1
T3 r3	1,8	1,3	0,6	0,4
T4 r1	1,9	1,3	0,6	0,3
T4 r2	25,9	19,1	7,3	2,8
T4 r3	46,6	31	13,9	4,3
T5 r1	3,5	3	0,6	0,4
T5 r2	2,7	2,1	0,6	0,5
T5 r3	3,5	2,7	1	0,5
T6 r1	3,3	2,6	0,6	0,4
T6 r2	7,8	5,9	1,5	0,4
T6 r3	4,5	3,9	0,7	0,3
T7 r1	3,6	1,9	1,8	0,4
T7 r2	2,9	1,7	0	0,0
T7 r3	2,2	1,9	0,7	0,4
T8 r1	3,4	2,6	0,8	0,1
T8 r2	2,5	1,8	1,6	0,7
T8 r3	3,5	2,8	0,7	0,4

**ANEXO M**  
**Resultados Densidad Real y Densidad Aparente**

**DENSIDAD APARENTE**

TRATAMIENTO	MASA TERRON SECO	MASA TERRON SECO CON PARAFINA	VOLUMEN SECO + PARAFINA	PESO PARAFINA	VOLUMEN PARAFINA	VOLUMEN TERRON	DENSIDAD APARENTE g/cc
Inicial	1,208	1,774	2	0,566	0,629	1,371	0,881
T1 r1	2,263	2,961	2,5	0,698	0,776	1,724	1,312
T1 r2	3,151	3,951	3	0,800	0,888	2,112	1,492
T1 r3	1,308	1,734	1,5	0,426	0,473	1,027	1,274
T2 r1	1,888	2,705	2	0,818	0,909	1,091	1,729
T2 r2	1,266	1,745	1,5	0,479	0,532	0,968	1,308
T2 r3	3,206	4,113	3	0,907	1,008	1,992	1,609
T3 r1	1,659	2,108	2	0,449	0,499	1,501	1,105
T3 r2	1,297	1,749	1	0,452	0,502	0,498	2,604
T3 r3	2,591	3,444	2	0,853	0,948	1,052	2,463
T4 r1	2,391	3,766	3	1,375	1,527	1,473	1,624
T4 r2	2,267	4,450	4	2,183	2,426	1,574	1,440
T4 r3	2,348	2,954	2	0,606	0,673	1,327	1,769
T5 r1	2,506	4,077	5	1,571	1,745	3,255	0,770
T5 r2	2,887	4,589	5	1,702	1,891	3,109	0,929
T5 r3	1,666	2,709	3	1,043	1,159	1,841	0,905
T6 r1	3,590	5,060	4	1,470	1,633	2,367	1,517
T6 r2	1,981	2,918	2	0,937	1,041	0,959	2,065
T6 r3	2,174	3,572	3	1,398	1,553	1,447	1,503
T7 r1	1,655	2,711	2	1,056	1,173	0,827	2,001
T7 r2	1,477	2,514	3	1,037	1,152	1,848	0,799
T7 r3	2,960	4,794	5	1,834	2,037	2,963	0,999
T8 r1	1,011	2,363	4	1,352	1,502	2,498	0,405
T8 r2	1,936	3,636	4	1,700	1,889	2,111	0,917
T8 r3	1,850	3,375	3,5	1,525	1,694	1,806	1,024

## DENSIDAD REAL

TRATAMIENTO	MASA PICNOMETRO VACIO (g)	MASA PICNOMETRO CON SUELO (g)	VOLUMEN (ml)	MASA PICNOMETRO SUELO + AGUA (g)	MASA PICNOMETRO CON AGUA (g)	DENSIDAD REAL (g/cc)
T1 r1	20,228	23,175	10,000	31,928	30,228	2,364
T1 r2	20,114	23,117	10,000	31,791	30,114	2,265
T1 r3	20,112	23,234	10,000	31,881	30,112	2,307
T2 r1	20,721	23,710	10,000	32,269	30,721	2,074
T2 r2	20,051	23,033	10,000	31,644	30,051	2,147
T2 r3	20,591	23,567	10,000	32,131	30,591	2,073
T3 r1	20,078	23,063	10,000	31,572	30,078	2,002
T3 r2	20,228	23,143	10,000	31,777	30,228	2,134
T3 r3	20,114	23,232	10,000	31,582	30,114	1,890
T4 r1	19,084	22,009	10,000	30,775	29,084	2,371
T4 r2	20,721	23,678	10,000	32,146	30,721	1,931
T4 r3	20,051	23,137	10,000	31,674	30,051	2,108
T5 r1	20,164	23,173	10,000	31,783	30,164	2,165
T5 r2	20,078	23,120	10,000	31,506	30,078	1,884
T5 r3	20,228	23,143	10,000	31,855	30,228	2,264
T6 r1	20,297	23,299	10,000	31,860	30,297	2,087
T6 r2	19,084	22,069	10,000	30,693	29,084	2,169
T6 r3	20,721	23,678	10,000	32,094	30,721	1,867
T7 r1	20,112	23,102	10,000	31,813	30,112	2,319
T7 r2	20,164	23,196	10,000	31,578	30,164	1,874
T7 r3	20,078	23,120	10,000	31,453	30,078	1,825
T8 r1	20,591	23,590	10,000	32,063	30,591	1,964
T8 r2	20,297	23,351	10,000	31,740	30,297	1,896
T8 r3	19,084	22,069	10,000	30,666	29,084	2,127

## ANEXO N

### Resultados Materia Orgánica

#### Materia orgánica inicial (2 repeticiones)

MUESTRA	% M.O.
Inicial	7.05
Inicial	6.89

Fuente: MACANA, DIANA. MALDONADO, ASTRID. Determinación y Seguimiento A Nivel Invernadero Del Metabolismo y La Materia Orgánica De Un Suelo Erosionado De La Localidad De Mondoñedo Utilizando El Bioestmuate E.M. (Microorganismos Eficientes) Como Recuperador De Suelos. 2006.

#### Materia orgánica final

MUESTRA	% M.O.
T1 r1	7.86
T1 r2	7.05
T1 r3	11.29
T2 r1	7.46
T2 r2	7.86
T2 r3	7.05
T3 r1	11.29
T3 r2	12.49
T3 r3	15.52
T4 r1	10.88
T4 r2	11.08
T4 r3	11.29
T5 r1	19.95
T5 r2	19.35
T5 r3	23.78
T6 r1	7.25
T6 r2	9.07
T6 r3	6.25
T7 r1	19.35
T7 r2	19.95
T7 r3	24.18
T8 r1	16.12
T8 r2	15.92
T8 r3	33.05

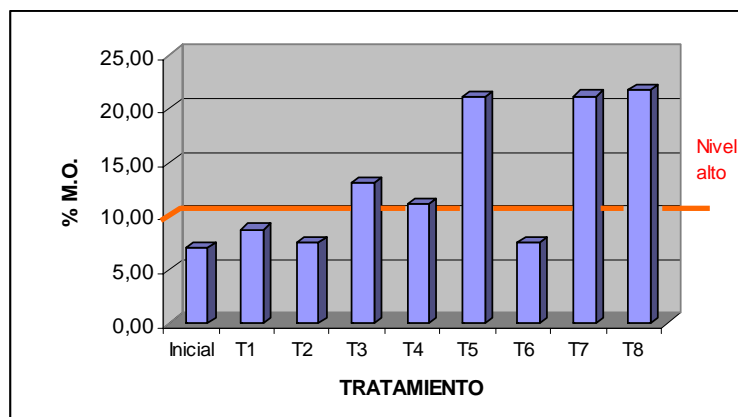
Fuente: MACANA, DIANA. MALDONADO, ASTRID. Determinación y Seguimiento A Nivel Invernadero Del Metabolismo y La Materia Orgánica De Un Suelo Erosionado De La Localidad De Mondoñedo Utilizando El Bioestmuate E.M. (Microorganismos Eficientes) Como Recuperador De Suelos. 2006.

### PROMEDIOS % M.O.

TRATAMIENTO	% M.O.
Inicial	6,97
T1	8,73
T2	7,46
T3	13,10
T4	11,08
T5	21,03
T6	7,52
T7	21,16
T8	21,70

Fuente: MACANA, DIANA. MALDONADO, ASTRID. Determinación y Seguimiento A Nivel Invernadero Del Metabolismo y La Materia Orgánica De Un Suelo Erosionado De La Localidad De Mondoñedo Utilizando El Bioestmuate E.M. (Microorganismos Eficientes) Como Recuperador De Suelos. 2006.

### GRAFICA % M.O. POR TRATAMIENTO



Fuente: MACANA, DIANA. MALDONADO, ASTRID. Determinación y Seguimiento A Nivel Invernadero Del Metabolismo y La Materia Orgánica De Un Suelo Erosionado De La Localidad De Mondoñedo Utilizando El Bioestmuate E.M. (Microorganismos Eficientes) Como Recuperador De Suelos. 2006.

## ANEXO O

### Propuesta de Experimento "In situ"

Como parte de la solución a la problemática ambiental de erosión (que es el primer factor que acaba con los suelos), causado ya sea por acción antrópica o por procesos de la naturaleza físicos o químicos; se propone recuperar la fertilidad del suelo de una zona erosionada como lo es el desierto de Zabinsky, llevando a campo el diseño empleado en ésta investigación, de tal forma que permita mejorar la capacidad de Intercambio Catiónico del suelo, y por ende sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

La prueba piloto se realizó en una unidad experimental (invernadero) de seis metros cuadrados (6m<sup>2</sup>), donde se ubicaron 24 plantas de Acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*). Se trabajó con una densidad de siembra aproximada de nueve (9) plantas por metro cuadrado, los que quiere decir que se podrían sembrar noventa mil (90000) plantas en una hectárea.

De acuerdo con lo encontrado en la investigación, lo más aconsejable para obtener los mejores resultados en un tiempo menor es la aplicación del tratamiento 8, que consiste en la combinación de compost, mulch, gallinaza, fertilización química (mezcla de Nitrógeno, Fósforo, Cobre, Manganeso, Zinc y Boro) y E.M. (microorganismos efectivos); y se esperaría ver resultados al cabo de cuatro (4) meses.

Para conocer la frecuencia de riego se calcularían las curvas de infiltración y uso consultivo del suelo, (con ayuda de la ingeniería Forestal o Agrónoma) y también involucrando la adición de E.M. en proporción del 5 % dosificado así: El primer mes, una vez cada ocho días; el segundo mes, una vez cada quince días y, durante el tercer mes una vez y en el cuarto mes una vez.

Al terminar los cuatro meses de iniciar el proceso se realizarán los análisis de laboratorio correspondientes de Capacidad de Intercambio Catiónico, bases intercambiables, saturación de bases, materia orgánica, nitrógeno total y disponible, fósforo etc., para determinar si se continúa aplicando ésta metodología o si es necesario realizar ajustes que mejoren la producción primaria bruta y/o que posteriormente se pueda utilizar en otra área del terreno a tratar.



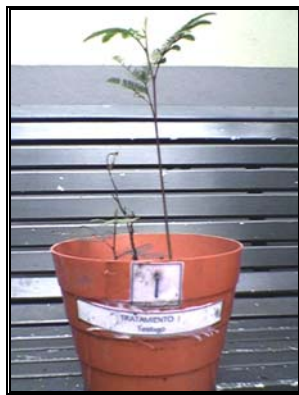
**ANEXO P**  
**Referencias Fotográficas**

FIGURA: Tratamiento No 1



Fuente: Las autoras

FIGURA: T1 r1



Fuente: Las autoras

FIGURA: T1 r2



Fuente: Las autoras

FIGURA: T1 r3



Fuente: Las autoras

FIGURA: Tratamiento No 2



Fuente: Las autoras

FIGURA: T2 r1



Fuente: Las autoras

FIGURA: T2 r2



Fuente: Las autoras

FIGURA: T2 r3



Fuente: Las autoras

FIGURA: Tratamiento No 3



Fuente: Las autoras

FIGURA: T3 r1



Fuente: Las autoras

FIGURA: T3 r2



Fuente: Las autoras

FIGURA: T3 r3



Fuente: Las autoras

FIGURA: Tratamiento No 4



Fuente: Las autoras

FIGURA: T4 r 1



Fuente: Las autoras

FIGURA: T4 r 2



Fuente: Las autoras

FIGURA: T4 r 3



Fuente: Las autoras

FIGURA: Tratamiento No 5



Fuente: Las autoras

FIGURA: T5 r 1



Fuente: Las autoras

FIGURA: T5 r 2



Fuente: Las autoras

FIGURA: T5 r 3



Fuente: Las autoras



FIGURA: Tratamiento No 6



Fuente: Las autoras

FIGURA: T6 r 1



Fuente: Las autoras

FIGURA: T6 r 2



Fuente: Las autoras

FIGURA: T6 r 3



Fuente: Las autoras

FIGURA: Tratamiento No 7



Fuente: Las autoras

FIGURA: T7 r 1



Fuente: Las autoras

FIGURA: T7 r 2



Fuente: Las autoras

FIGURA: T7 r 3



Fuente: Las autoras

FIGURA: Tratamiento No 8



Fuente: Las autoras

FIGURA: T8 r 1



Fuente: Las autoras

FIGURA: T8 r 2



Fuente: Las autoras

FIGURA: T8 r 3



Fuente: Las autoras