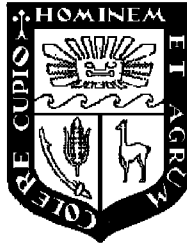


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

*Facultad de Ciencias Forestales*



**Influencia de la lombriz de tierra  
*Pontoscolex corethrurus* en el  
establecimiento de plantones de  
*Eucalyptus globulus* L. bajo  
condiciones de vivero. □**

*Tesis para optar el Título de*  
**INGENIERO FORESTAL**

**María Pía Díaz Zúñiga**

Lima – Perú  
2011

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por la ex-alumna de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. **MARÍA PÍA DÍAZ ZÚÑIGA**, intitulado “**INFLUENCIA DE LA LOMBRIZ DE TIERRA *PONTOSCOLEX CORETHRURUS* EN EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTONES DE *EUCALYPTUS GLOBULUS L.* BAJO CONDICIONES DE VIVERO.**”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de .....

En consecuencia queda en condición de ser considerada APTA y recibir el título de INGENIERO FORESTAL.

La Molina, 25 de Julio de 2011

.....  
Dra. María Isabel Manta Nolasco  
Presidente

.....  
Mg.Sc Juan Antonio Guerrero Barrantes  
Miembro

.....  
Ing. Kethy Liz Martinez Castro  
Miembro

.....  
Dr. Julio César Alegre Orihuela  
Patrocinador

.....

## *RESUMEN*

La siguiente investigación se centra en medir los cambios generados a partir de la inoculación de la lombriz de tierra tropical *Pontoscolex corethrurus* en el establecimiento y producción de *Eucalyptus globulus* teniendo como sostén el sustrato utilizado por el vivero forestal UNALM y bajo condiciones controladas como las que se dan en vivero.

Se tuvo 5 tratamientos con 5 repeticiones cada una, haciendo un total de 25 bolsas experimentales. Quince de dichas bolsas contaron con sólo sustrato como material sostén donde las plántulas fueron repicadas y posteriormente las lombrices inoculadas; las 10 bolsas restantes contaron con sustrato y aserrín en una proporción de 2/3 y 1/3 respectivamente.

Luego de cinco meses de tiempo de estudio, se procedió a analizar las 25 bolsas experimentales dividiendo las variables de estudio en 3 grupos: suelo, macrofauna y crecimiento. La variable suelo consistió en analizar la caracterización del suelo y sustancias húmicas. Por otro lado, la macro fauna se centró en el número de individuos y finalmente el crecimiento referido al diámetro y altura de las plántulas así como la biomasa aérea y radicular.

De lo anterior descrito y con un nivel de significancia del 95%, en la variable suelo el fósforo disponible (P) decreció ligeramente en los tratamientos donde hubo inoculación de lombrices. Para el magnesio intercambiable hubo un ligero aumento (meq/100g) en los tratamientos donde la lombriz fue inoculada. En cuanto a macro fauna, en ningún tratamiento hubo aumento del número de lombrices sin embargo, en dos de los cinco tratamientos se encontró lombrices remanentes. Finalmente, el variable crecimiento expresado en la altura y el diámetro de las plántulas presentó ligeros cambios según el tratamiento y la cantidad inoculada de lombrices.

# ÍNDICE

	Página
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1 ANTECEDENTES.....	3
2.2 MARCO TEÓRICO.....	4
2.2.1 <i>Macrofauna</i> .....	4
2.2.2 <i>Lombrices de Tierra</i> .....	4
2.2.3 <i>Pontoscolex corethrurus</i> .....	8
2.2.4 <i>Suelo</i> .....	10
2.2.5 <i>Eucalyptus</i> .....	16
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
3.1 LUGAR.....	20
3.1.1 <i>Ubicación</i> .....	20
3.1.2 <i>Clima</i> .....	21
3.1.3 <i>Ecología</i> .....	21
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.....	21
3.2.1 <i>Material experimental</i> .....	21
3.2.2 <i>Otros materiales</i> .....	22
3.2.3 <i>Equipos y herramientas</i> .....	24
3.3 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.....	25
3.3.1 <i>Trasplante</i> .....	25
3.3.2 <i>Ambiente</i> .....	25
3.3.3 <i>Inoculación</i> .....	26
3.3.4 <i>Evaluación</i> .....	27
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	31
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	33
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>34</b>
4.1 SUELO.....	34
4.1.1 <i>Fósforo</i> .....	34
4.1.2 <i>Magnesio intercambiable</i> .....	36
4.1.3 <i>Ácidos húmicos</i> .....	37
4.1.4 <i>Ácidos fúlvicos y Ácidos húmicos</i> .....	39
4.1.5 <i>Huminas</i> .....	40
4.2 MACROFAUNA.....	41

## *Lista de figuras*

	Página
<b>FIGURA 1</b> MATERIA ORGÁNICA Y SUSTANCIAS HÚMICAS .....	12
<b>FIGURA 2</b> <i>EUCALYPTUS GLOBULUS LABILL</i> .....	17
<b>FIGURA 3</b> UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO. CAMPUS UNALM .....	20
<b>FIGURA 4</b> RECOLECCIÓN DE LOMBRIZ <i>PONSTOSCOLEX CORETHRURUS</i> .....	22
<b>FIGURA 5</b> BOLSAS EXPERIMENTALES CON EUCALIPTOS TRASPLANTADOS .....	25
<b>FIGURA 6</b> INSTALACIÓN DE CONDICIONES DE VIVERO .....	26
<b>FIGURA 7</b> CÁLCULO DE PESO FRESCO DE LOMBRIZ <i>PONSTOSCOLEX CORETHRURUS</i> SEGÚN TRATAMIENTO.....	27
<b>FIGURA 8</b> EVALUACIÓN DE MACROFAUNA .....	29
<b>FIGURA 9</b> DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCIÓN DE SUSTANCIAS HÚMICAS. ....	30
<b>FIGURA 10</b> CONCENTRACIÓN DE FÓSFORO (PPM) DE LOS 5 TRATAMIENTOS.....	36
<b>FIGURA 11</b> CRECIMIENTO EN DIÁMETRO DE PLÁNTULAS DE EUCALIPTO DURANTE 5 MESES.....	44
<b>FIGURA 12</b> CRECIMIENTO EN ALTURA DE PLÁNTULAS DE EUCALIPTO DURANTE 5 MESES. ....	45

4.3	CRECIMIENTO .....	43
4.3.1	<i>Diámetro de plántulas</i> .....	43
4.3.2	<i>Altura de plántulas</i> .....	45
5.	CONCLUSIONES .....	47
6.	RECOMENDACIONES.....	48
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	49
	<b>ANEXO 1</b> .....	52
	METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE BIOMASA .....	52
	<b>ANEXO 2</b> .....	53
	METODOLOGÍA DE MEDICIÓN DEL CRECIMIENTO EN DIÁMETRO Y ALTURA.....	53
	<b>ANEXO 3</b> .....	54
	FORMATO DE ANÁLISIS DE SUELO: CARACTERIZACIÓN.....	54
	<b>ANEXO 4</b> .....	55
	METODOLOGÍA PARA OBTENCIÓN DE SUSTANCIAS HÚMICAS- MÉTODO KONONOVA.....	55
	<b>ANEXO 5</b> .....	56
	CÁLCULOS ESTADÍSTICOS.....	56
	<b>ANEXO 6</b> .....	57
	DATOS UTILIZADOS .....	57

## *Lista de cuadros*

	Página
<b>CUADRO 1</b> INFORMACIÓN GENERAL DE <i>PONTOSCOLEX CORETHRURUS</i> .....	8
<b>CUADRO 2</b> DISTRIBUCIÓN DE <i>PONTOSCOLEX CORETHRURUS</i> EN DIFERENTES SISTEMAS DE USO DE LA TIERRA TROPICALES* .....	9
<b>CUADRO 3</b> CONDICIONES AMBIENTALES TOLERADAS PARA LA LOMBRIZ DE TIERRA EXÓTICA <i>PONTOSCOLEX CORETHRURUS</i> .....	9
<b>CUADRO 4</b> REPRESENTACIÓN DE LOS CUADROS DE VARIABILIDAD.....	32
<b>CUADRO 5</b> CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE FÓSFORO DISPONIBLE DEL SUSTRATO(P) PARA CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS .....	34
<b>CUADRO 6</b> NIVEL DE SIGNIFICANCIA Y DIFERENCIA DE MEDIAS PARA FÓSFORO (P). .....	35
<b>CUADRO 7</b> CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE MAGNESIO INTERCAMBIABLE (MEQ/100G) POR EFECTO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS .....	36
<b>CUADRO 8</b> NIVEL DE SIGNIFICANCIA Y DIFERENCIA DE MEDIAS PARA MAGNESIO.....	37
<b>CUADRO 9</b> PORCENTAJE PROMEDIO DE ÁCIDOS HÚMICOS .....	38
<b>CUADRO 10</b> NIVEL DE SIGNIFICANCIA Y DIFERENCIA DE MEDIAS PARA ÁCIDOS HÚMICOS .....	38
<b>CUADRO 11</b> PORCENTAJE PROMEDIO DE ÁCIDOS HÚMICOS Y ÁCIDOS FÚLVICOS .....	39
<b>CUADRO 12</b> NIVEL DE SIGNIFICANCIA Y DIFERENCIA DE MEDIAS PARA ÁCIDOS HÚMICOS Y ÁCIDOS FÚLVICOS ....	40
<b>CUADRO 13</b> PORCENTAJE PROMEDIO DE HUMINAS (MÉTODO DE FRACCIONAMIENTO).....	40
<b>CUADRO 14</b> NIVEL DE SIGNIFICANCIA Y DIFERENCIA DE MEDIAS OBTENIDA PARA HUMINAS .....	41
<b>CUADRO 15</b> MACROFAUNA INOCULADA Y REMANENTE .....	42
<b>CUADRO 16</b> CRECIMIENTO DIÁMETRO PROMEDIO .....	43
<b>CUADRO 17</b> NIVEL DE SIGNIFICANCIA Y DIFERENCIA DE MEDIAS PARA DIÁMETRO.....	44
<b>CUADRO 18</b> CRECIMIENTO EN ALTURA PROMEDIO .....	45
<b>CUADRO 19</b> NIVEL DE SIGNIFICANCIA Y DIFERENCIA DE MEDIAS PARA ALTURA. ....	46

## 1. INTRODUCCIÓN

La importancia de las lombrices de tierra para el desarrollo de plantas ha sido reconocido por más de 100 años desde la publicación del libro de Charles Darwin: “La formación de manto vegetal a través de la acción de las lombrices” en 1881.

En el siglo pasado, muchos investigadores, principalmente de zonas templadas, han descritos los efectos de las lombrices de tierra en la producción de plantas a nivel de campo y escalas menores (macetas). Estos experimentos sólo trataron con 4 ó 6 lombrices de tierra mundialmente conocidas y su aplicación se limitó a pasturas y cereales. Los resultados mostraron que, efectivamente, las lombrices de tierra mostraban efectos positivos en el crecimiento de las plantas y en algunas casos aislados, efectos negativos o nulos muchas veces por situaciones particulares. Además, la biomasa de los nuevos brotes beneficiaba más a las raíces por la actividad lombrística (Blakemore y Temple-Smith, citado por Brown et al. (s.f.))

Actualmente hay alrededor de 3000 especies de lombrices de tierra clasificadas, y probablemente igual o mayor número de ser aún descritas, muchas de las cuales presentan cierto potencial para el manejo de agro ecosistemas tropicales.

Es por eso esencial según Brown et al. (s.f.), que más especies sean probadas para saber potenciales efectos en la producción de plantas, particularmente en los trópicos donde un número pequeño de estudios ha sido llevados a cabo utilizando la lombriz de tierra y plantas ambas de origen tropical. Dado la importancia de este grupo animal y su relevancia en la producción de alimento es importante poner mucha atención para entender el rol que cumplen las lombrices de tierra tropical, ya sean nativas o exóticas, mundialmente esparcidas o solo locales para mejorar la producción de alimento, forraje y cultivo de árboles.

Por esta razón el presente estudio busca determinar la influencia de la acción de la macro fauna, lombriz de tierra (*Pontoscolex corethrurus*), en el establecimiento de plantones de *Eucalyptus globulus*; teniendo como material sostén el sustrato utilizado en el Vivero Forestal UNALM. Este sustrato se asume de buena calidad sin embargo; a pesar de esta condición, es de mi interés conocer que acción de enriquecimiento y cambios podría generar la inoculación de



dicha lombriz a nivel de sustrato y como consecuencia en crecimiento. Por otro lado, la especie *Eucalyptus globulus* fue seleccionada por ser la especie históricamente utilizada para actividades de reforestación por su aptitud maderera para postes y pilotes, aptitud industrial para pulpa de papel así como aptitud medicinal para aceites esenciales.

Los objetivos del estudio son:

*Obejtivo General*

-Determinar la influencia de la lombriz de tierra *Pontoscolex corethrurus* en el establecimiento de plántones de *Eucaliptus globulus*.

*Objetivo Especifico*

-Determinar el efecto de las lombrices de tierra en la materia orgánica y disponibilidad de macronutrientes en el suelo.

-Determinar la influencia de las lombrices en el crecimiento de los plántones de *Eucaliptus globulus*.

-Determinar la cantidad de biomasa de lombrices de tierra (*Pontoscolex corethrurus*), con las mezclas de sustratos que tenga efecto positivo en el suelo y mejore el establecimiento de plántones.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 ANTECEDENTES

Lavelle y Pashanasi, citado por Fragoso et al. (s.f.) compararon comunidades de lombrices de tierra de dos diferentes bosques húmedos tropicales en tres grupos de agro ecosistemas. Sus resultados mostraron que dichas comunidades fueron modificadas tanto en funcionalidad (categorías ecológicas) como en niveles taxonómicos (número de especies). Funcionalmente hubo cambios en la cantidad y tipo de grupos ecológicos; en la mayoría de los agros ecosistemas estudiados, por ejemplo, la estructura de la comunidad se simplificó, normalmente a una sola categoría ecológica. Cambios estructurales fueron más que claros en pasturas, barbecho y sistemas de cosecha con alta demanda de insumos donde las lombrices cambiaron su ecología, de ser epigeas pasaron a predominar las endógenas, taxonómicamente las cuatro lombrices originales de tierra fueron casi en su mayoría reemplazadas por la exótica *Pontoscolex corethrurus*.

En otro grupo de experimentos, Pashanasi et al. (1994) obtuvo cambios en la composición de las comunidades lombrística que fueron probados en bosques recientemente quemados y en campos de cultivos alternos y de agricultura mejorada. Después de la primera cosecha, en ambos sistemas, se encontró que la especie *Martiodrilus pano*, nativa y epigea, había desaparecido completamente, mientras que poblaciones de la anécica *Rhinodrilus lavellei* y la endógena *Rhinodrilus pashanasi* se habían mantenido e incrementando respectivamente.

Por otro lado, Ydrogo et al. (1995) también ha realizado estudios de la influencia de lombrices de tierra en plántulas de Arazá (*Eugenia stipitata*), Achioté (*Bixa Orellana*) y Pijuayo (*Bactris gasipaes*) y sus efectos en el crecimiento.

Se inocularon lombrices endógenas de *Pontoscolex corethrurus* en tres diferentes tratamientos (0, 350 y 700mg/1.9 de suelo seco) en bolsas plásticas que contenían cultivo de las tres especies ya mencionadas.

Los parámetros a evaluar fueron los siguientes: Biomasa total de las plántulas, Grado de Infección de las micorrizas, Número de lombrices de tierra y Mineralización del nitrógeno.

Para biomasa total, el achote tuvo respuesta positiva, intermedia para pijuayo y casi nula en el cultivo de arazá. En el porcentaje de micorrizas, el achote presentó mayor grado de infección micorrícica, para pijuayo la infección se encontró en fase intermedia al igual que el arazá.

El número de individuos de *Pontoscolex corethrus* fue baja en achote mas no para el arazá, en cuanto al Pijuayo se encontró en fase intermedia. La mineralización del nitrógeno fue muy compleja; para el achote se obtuvieron niveles negativos en un inicio, niveles altos en el tiempo intermedio y finalmente declinando en el periodo final. En pijuayo se tuvo cantidades intermedias de mineralización con respecto a los dos cultivos, observándose un contraste en arazá.

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1 Macrofauna**

En términos de abundancia y rol biológico, las lombrices de tierra, termitas y hormigas son los componentes de la macrofauna más importantes para el suelo. Tanto así es su importancia, que son denominados los “ingenieros del ecosistema” (Storck y Eggleton, 1992; Jones et al. 1997)

### **2.2.2 Lombrices de Tierra**

#### **A) GENERAL**

Las lombrices de tierra pertenecen a la clase Oligochaeta que empezaron a colonizar los ambientes terrestres aproximadamente 600 millones de años atrás. Desde ese entonces, han sido los componentes predominantes en la fauna del suelo de todo ambiente húmedo y frío.

De su origen acuático, aun mantienen la respiración de tipo cutánea primitiva y la dependencia a régimen hidrófilos de suelo.

Comprenden 20 familias, 693 géneros y un estimado de 6000 especies de las cuales alrededor de 3700 han sido totalmente descritas (Fragoso et al. 1999). Muchas especies presentan distribución restringida a no ser por algunas, que por características partenogenéticas, que sólo produce progenie macho de reproducción, llegan a tener un alcance mundial y preferencia por aquellos suelos afectados por intervenciones humanas. (Fragoso and Lavelle, 1992; Fragoso et al., 1999)

Tienen la cavidad corporal segmentada con funciones de esqueletos hidrostáticos. Su sistema circulatorio es cerrado y presentan aparato digestivo completo (Avel, Edwards and Bohlen, mencionado por Lavelle (2001)).

En cuanto a longitud, las lombrices de tierra van desde unos pocos centímetros hasta 2-3 centímetros, sin embargo el promedio se encuentra de 5-15cm.

### **B) CATEGORÍAS ECOLÓGICAS**

Para Brady y Weil (2008), las 7000 o más especies de lombrices de tierra reportadas mundialmente pueden ser agrupadas de acuerdo a sus hábitos de madriguera y hábitats.

Epigeas: Caracterizado por lombrices de pequeño tamaño. Tienen hábitos de vivir en la hojarasca o en la capa superior de suelos ricos en compuestos orgánicos. Las lombrices epigeas, que incluyen la *Eisenia foetida*, conocida como la lombriz común del compost, precipita la descomposición de la hoja sin embargo, no la mezcla con la parte mineral del suelo.

Endógenas: Este tipo de lombriz, siendo la más representativa la *Allobophora caliginosa* (Lombriz roja) vive mayormente en los 10-30 cm superiores del suelo mineral. Se caracterizan por tener madrigueras de tipo horizontal y superficial.

Anécicas: Constituyen su madriguera en forma vertical que tiene la función de ser permanente. Tienen la característica de solo emerger en climas húmedos o en la noche para obtener pequeñas partes de hojarasca que arrastran hacia las madrigueras cubriendo así la entrada a sus guaridas con una ligera porción de hojas.

### **C) MADRIGUERAS**

Brady y Weil (2008) indican que las lombrices de tierra ingieren lo que está a su paso en su recorrido a través del suelo, en muchos casos su ingesta se aproxima de 2 a 30 veces su peso en un solo día. En un año, las lombrices de tierra presentes en una 1 ha de tierra pueden ingerir entre 50-1000 mega gramos de suelo, siendo la máxima ingesta en climas húmedos y tropicales. Por lo tanto necesitan de extensos sistemas de madrigueras que pueden ser de forma vertical como horizontal.

Los canales de paso de las lombrices ofrecen importantes senderos o canales por donde las raíces de las plantas pueden penetrar capas densas de suelo especialmente en suelos compactados.

Su alta actividad física, que es importante en suelos no labrados, le ha generado la fama de ser catalogados como “labradores naturales de suelo”.

La presencia de hojarasca y madrigueras circulares son importantes indicios de actividad lombrística.

Luego que el material pasa por el tracto de la lombriz, el suelo ingerido es expedido en glóbulos de suelo llamado *casts*. Durante el recorrido del tracto, las materias orgánicas son trituradas y mezcladas con material mineral del suelo.

Es probable que por la intensa actividad bacteriana, los *cast* de las lombrices de tierra usualmente presenten mayor contenido de polisacáridos lo que actúa como estabilizador de la estructura granular. Este comportamiento tiene como resultado la mejora de los agregados del suelo. Los *cast* que son depositados bien dentro del perfil o en la superficie (dependiendo del tipo de especie que sea) es otro signo de presencia lombrística en el suelo

#### *D) NUTRIENTES*

La actividad de las lombrices de tierra no sólo mejora la fertilidad del suelo como consecuencia de las alteraciones en las condiciones químicas y productivas de los 15-35 cm superiores. Las lombrices de tierra aceleran el ciclo e incrementan la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas en 3 formas (Brady y Weil, 2008):

Primero, materiales orgánicos como suelo pasan por la lombriz de tierra, estos son destruidos físicamente así como son atacados químicamente por las enzimas digestivas de las lombrices y la micro flora presente en su intestino.

Comparado con el suelo corriente, los *cast* son significativamente más altos en bacterias, materia orgánica y disponibilidad de nutrientes para la planta.

Segundo, a pesar que las lombrices pueden alimentarse de restos de descomposición animal y vegetal (*detritus*) y materia orgánica de relativamente bajo nitrógeno, fósforo y sulfuro, el

mismo tejido presenta concentraciones de estos nutrientes. Es por esta razón que cuando las lombrices mueren, dichos nutrientes son rápidamente liberados en formas que la planta puede tomar.

Tercero, la incorporación física de los residuos superficiales en el suelo reduce la pérdida de nutrientes por erosión y volatilización especialmente del nitrógeno. Sin embargo, la misma acción puede incrementar las pérdidas por otras vías.

#### *E) BENEFICIOS DE EFECTOS FÍSICOS*

Brady y Weil (2008) mencionan que las lombrices de tierra son importantes por muchas causas. Los orificios dejados en el suelo sirven para aumentar la aireación y drenaje que juega un papel importante en consideraciones de producción y desarrollo del suelo. En coberturas con grass, las lombrices pueden aliviar y reducir problemas de compactación y casi eliminar esa capa indeseable de grass seco.

Bajo condiciones de lluvia pesada, las madrigueras pueden actuar en el incremento de la infiltración de agua en el suelo, por consiguiente juega un papel importante en la conservación del agua y prevención de la erosión. Más aún, los *cast* (estructuras dejadas por las lombrices) pueden contribuir a formaciones estables de macro agregados que formen el 50-60% de la superficie del suelo.

#### *F) FACTORES QUE AFECTAN LA ACTIVIDAD DE LAS LOMBRICES*

Estudios realizados por Brady y Weil (2008) afirman que las lombrices de tierra prefieren suelos con características húmedas, frescas, y buena aireación y con presencia de material orgánico en descomposición como por ejemplo, el mulch.

En regímenes templados, las lombrices son más activas en la primavera y otoño, en ciertas ocasiones suelen enrollarse como una pequeña bolita para manejar mejor los periodos intensos de calor y sequedad en el verano. No prosperan en condiciones anaeróbicas ni tampoco crecen en arenas gruesas y ordinarias. Solo algunas especies son tolerantes a bajos pH, la mayoría de ellas necesita un pH entre 5.5-8.5 y cantidades de calcio (Ca) para sobrevivir.

Otro factor que disminuye la densidad de población en lombrices de tierra son los predadores como ratones, topes y ciertos ácaros y milpiés, suelos extremadamente arenosos, esto por los

efectos abrasivos de los granos de arena, contacto directo con fertilizantes conteniendo amoníaco, aplicación de ciertos insecticidas así como una labranza excesiva. Este último factor es el más crítico en cuanto a densidad de población en suelos de agricultura. La menor labranza pero con altas concentraciones de residuos de los cultivos (mulch) existentes en la superficie del suelo es ideal para aumentar y mejorar la población de lombrices. El promedio de concentración encontrado para sistemas agrícolas es de 300 gramos de peso fresco/m<sup>2</sup> de suelo.

### 2.2.3 *Pontoscolex corethrurus*

#### A) GENERAL

**Cuadro 1** Información general de *Pontoscolex corethrurus*.

Fuente: Base de datos de lombrices de tierra tropicales citado por Fragoso et al. (s.f.)

<b>Orden</b>		Haplotaxida
<b>Familia</b>		Glossoscolecidae
<b>Especie</b>		<i>Pontoscolex corethrurus</i> Muller
<b>Origen</b>		Sudamérica
<b>Distribución</b>	<b>Continente</b>	4
	<b>Países</b>	56
<b>Altitud (m)</b>		0-2000

#### B) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Ausencia de pigmentación. Color rosado claro en la cabeza y la parte posterior toma color dependiendo del suelo ingerido. Aproximadamente 5-10 cm de largo.

#### C) HABITAT

Frecuentemente se encuentran en hábitats con acción antrópica incluidos zonas cultivables, pastos, bosques secundarios.

#### D) ECOLOGÍA

Endógenas. Se encuentran en los primeros 20 cm de profundidad o en la superficie del suelo junto a la hojarasca u otro material en descomposición. Utiliza requerimientos bajos de materia orgánica.

#### E) DISTRIBUCIÓN EN DIFERENTES USOS DE LA TIERRA

**Cuadro 2** Distribución de *Pontoscolex corethrurus* en diferentes sistemas de uso de la tierra tropicales\*

Fuente: Base de datos de lombrices de tierra tropicales citado por Fragoso et al. (s.f.)

Ecosistema Natural	Cultivo	Pasturas	Plantaciones	Barbecho	Desperdicios Orgánicos
94	31	44	41	6	4

#### F) RANGO DE CONDICIONES AMBIENTALES TOLERADAS

**Cuadro 3** Condiciones ambientales toleradas para la lombriz de tierra exótica *Pontoscolex corethrurus*

Fuente: Base de datos de lombrices de tierra tropicales citado por Fragoso et al. (s.f.)

T (°C)	Precipitación (mm)	pH	OM (%)	N (%x (0.1))	Ca (mEq 100g <sup>-1</sup> )	Mg (mEq 100g <sup>-1</sup> )	S (%)	C (%)
14-28	268-5000	3,8-8,2	0,9-12,6	0,1-9	0,8-16,5	0,1-11,2	3-91	6-87

\* Resultados obtenidos de México, América Central, El Caribe, Colombia, Ruanda, Congo, Costa de Marfil e India.



Bajo en peso molecular y de color claro. Soluble en Acido y Álcali. Bastante susceptible al ataque microbial (Brady y Weil 2008).

c) Huminas

Es la parte de la materia orgánica que no se disuelve en la disolución de NaOH. (Mendoza, 2004). Brady y Weil (2008) mencionan también que las huminas presentan un alto peso molecular, color oscuro así como alta resistencia al ataque microbial.

Estos 3 grupos son sustancias húmicas relativamente estables en el suelo.

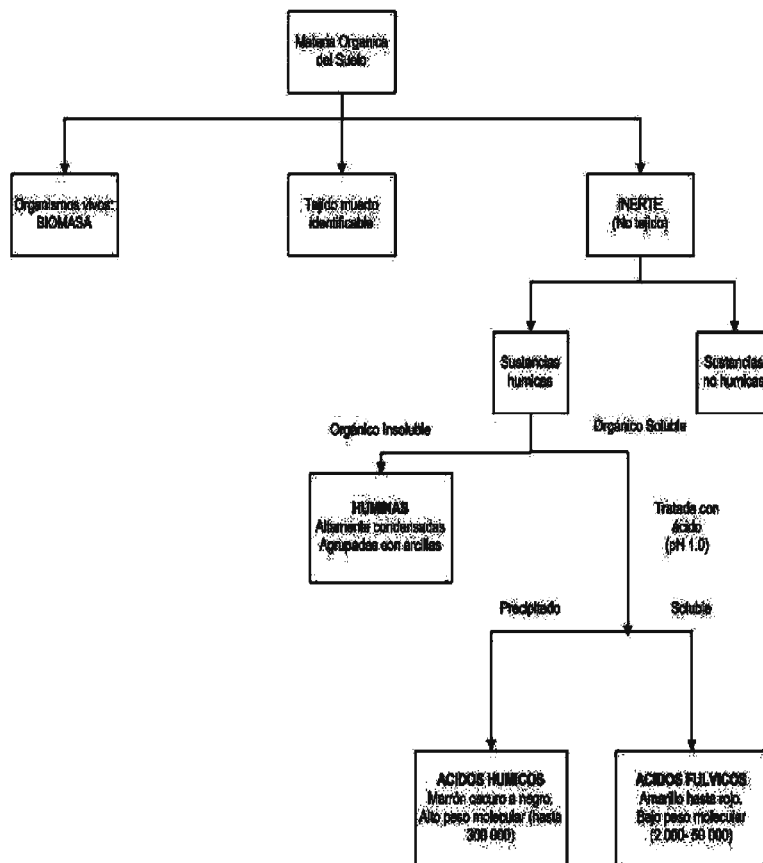


Figura 1 Materia orgánica y sustancias húmicas

Fuente: Brady y Weil 2008

## 2.2.4 Suelo

### A) MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica del suelo está constituida por aquellas sustancias de origen animal o vegetal más o menos descompuestas y transformadas por la acción de los microorganismos, denominándose humus y que constituyen uno de los componentes fundamentales del suelo (Domínguez citado por Mendoza 2004)

Para Brady y Weil (2008), la materia orgánica del suelo se refiere a todo componente orgánico de suelo tal y como:

*Biomasa Viva:* Plantas intactas y tejidos animales así como microorganismos  
*Raíces muertas y otros residuos de hojarasca reconocibles:* Partículas residuales que no pasan los 2 mm. A veces excluidas de esta consideración.  
*Mixturas de Sustancias orgánicas complejas amorfas y coloidales:* Esta 3era categoría de material orgánico es propiamente referida como el humus del suelo.

### B) HUMUS

Usualmente de color negro o marrón. Se considera como una colección de componentes orgánicos complejos que se acumulan en el suelo ya que son relativamente resistentes a la descomposición.

#### *Importancia del humus*

Brady y Weil (2008) mencionan que el Humus, compuesto por sustancias húmicas, es la fracción coloidal de la materia orgánica del suelo. Esta actúa como puente de contacto, debido a sus superficies cargadas, entre partículas largas de suelo. Por lo tanto, juega un rol importante en la formación de la estructura del suelo.

Las superficies cargadas con humus atraen y retienen iones nutrientes y moléculas de agua. Sin embargo, si comparamos la acción de la arcilla y la del humus, esta última tiene mejor capacidad para atraer nutrientes y agua debido a su contenido de componentes que presentan una especie de efecto hormonal que estimula la planta. Una pequeña cantidad de humus puede incrementar la capacidad de suelo para promover el crecimiento de las plantas.

### *C) SUSTANCIAS HÚMICAS*

Las sustancias húmicas son los constituyentes principales de aguas, suelos y sedimentos formados por la degradación química y enzimática de los residuos de plantas y animales y por la actividad sintética de los microorganismos. (Whitby y Schnitzer, mencionado por López et al 1999)

Las sustancias húmicas constan de alrededor de 50-60% de la materia orgánica del suelo. Estas están compuestas por inmensas moléculas con estructura y composición variables. Dichas sustancias son caracterizadas por sus estructuras aromáticas y anillos que incluyen polifenoles y poliquinonas que son mucho más complejas. Son generalmente oscuras con presencia de sustancias amorfas con peso molecular alrededor de 2000 a 300 000 g/mol. Por su complejidad, estos pesos son los materiales orgánicos más resistentes al ataque microbial (Brady y Weil 2008).

Históricamente, la sustancias húmicas han sido clasificadas en 3 grupos químicos basados en su solubilidad. (Ver Figura N°1)

#### a) Ácido Húmico

Mendoza 2004) menciona que esta es la fracción más estudiada y la más importante. Se trata de un material orgánico oscuro que queda disuelto en NaOH y que precipita por acidificación a pH 1 ó 2. Brady y Weil (2008) añade que tienen peso molecular medio, así como resistencia intermedia al ataque de microorganismos.

López et al. (1999) refiere que los ácidos húmicos en climas tropicales son de gran importancia en el estudio de interacciones metal-ácido húmico que conduce a la formación de complejos organometálicos los cuales, son de vital importancia para procesos como la meteorización, acumulación y migración de metales.

#### b) Ácido Fúlvico

Sustancias orgánicas restantes que no se precipitan al acidificar una disolución de suelo a pH 1 ó 2. (Mendoza, 2004)

### *Efectos en las plantas*

Algunos autores han demostrado que las sustancias húmicas tienen un efecto estimulante sobre la vida de las plantas; incrementando la longitud de las raíces y de pelos absorbentes; incrementando el rendimiento de materia seca; aumentando el nivel de consumo de oxígeno y favoreciendo el contenido de clorofila en las hojas. (Krislera y Smidora, citado por Mendoza 2004)

Rafael (2006) menciona que las sustancias húmicas también tienen efecto en la germinación de las semillas y el desarrollo de las plántulas donde se asume que las sustancias húmicas son una fuente de polifenoles, los cuales funcionan como catalizadores respiratorios lo cual incrementa la actividad vital de la planta por lo tanto los sistemas radiculares alcanzan mayor desarrollo y la producción de materia seca se incrementa.

### *D) COMPOST Y COMPOSTAJES*

Compostar es la práctica de crear los materiales orgánicos del humus fuera del suelo ya sea por mezcla, amontonamiento, u otra forma de almacenamiento de materia orgánica bajo condiciones conducidas de descomposición aeróbica y conservación de nutrientes. Diferencias importantes incluyen el hecho que con el compostaje, la descomposición ocurre fuera del suelo y comúnmente ocurre en periodos de grandes temperaturas que no se encuentran en el suelo. El producto final, compost, es conocido popularmente como material mulch, ingrediente que se utiliza en mezclas de maceta, como acondicionador orgánico de suelos y como un fertilizante de baja liberación. (Brady y Weil, 2008)

Compost de alta calidad puede ser obtenido a temperaturas ambientes por procesos de baja descomposición conocido como vermicompost en donde ciertas lombrices de hábitat de descomposición (epigénicas) son añadidas para transformar el material. El vermicompost consiste esencialmente en *casts* obtenido por las lombrices que digirieron el material orgánico crudo en forma de pilas aireadas húmedas. Las pilas son guardadas interiormente para evitar la acumulación de calor que podría matar a las lombrices. (Brady y Weil, 2008)

### *E) SALINIDAD*

El proceso que resulta en la acumulación de sales solubles neutras se denomina salinidad y es considerada uno de los factores limitativos en los suelos de zonas áridas y semiáridas ya que reducen el potencial osmótico de la solución suelo reduciendo la disponibilidad de agua para las plantas, aun cuando el suelo muestre un razonable nivel de humedad.

Las sales normalmente son cloruros y sulfatos de calcio, magnesio, potasio y sodio. La concentración suficiente para que estas sales interfieran en el crecimiento de la planta es generalmente definida cuando produce una conductividad eléctrica en extracto de saturación mayor a 4 dS/m sin embargo, algunas plantas más sensibles son afectadas adversamente cuando la C<sub>Ee</sub> es de 2 dS/m

El pH de suelos salinos es usualmente menor que 8,5 ya que las sales solubles previenen la dispersión de coloides del suelo; el crecimiento de plantas en suelos salinos no es generalmente obligado por pobre infiltración, estabilidad de agregados o aeración. En muchos casos, la evaporación de agua crea incrustaciones de sal blanca en la superficie de suelo que toma el nombre de álcali blanco previamente utilizado para designar suelos salinos.

#### *Síntomas de plantas de suelos salinos*

En respuesta del exceso de salinidad del suelo, muchas plantas se vuelven severamente atrofiadas y exhiben hojas pequeñas de color azul-verdoso oscuro con superficies sin brillo. Altos niveles de sodio o cloruros típicamente producen calor abrasador o necrosis en los márgenes y puntas de la hoja. Estos síntomas aparecen primero y de forma más severa en las hojas adultas ya que transpiran agua y acumulan sales por largos periodos. Otro caso es que pierdan sus hojas prematuramente cuando se encuentran en el estado de plantas estresadas salínicamente (Brady y Weil 2008).

## *F) MACRONUTRIENTES*

La nutrición se relaciona con el abastecimiento y absorción de compuestos químicos necesarios para el crecimiento y metabolismo de las plantas. Los compuestos requeridos por los vegetales se denominan nutrientes y son de naturaleza inorgánica, los cuales son aportadas por el suelo. (Toro, mencionado por Higuera (s.f.)).

Los elementos químicos que una planta utiliza para su desarrollo y nutrición en cantidades importante se denominan macro nutrientes, estos son tomados del suelo en mayor o menos cantidad.

El suelo debe tener nutrientes requeridos por la planta, en cantidad, proporción, forma química para evitar así desequilibrios nutricionales que alteren el metabolismo de la planta y lograr así un crecimiento adecuado en ella. (Higuera, (s.f.))

Cuando las reservas naturales no son suficientes, la carencia se expresa con síntomas diversos, como hojas amarillas, un menor crecimiento, menos flores, deformación de frutos, etc. (Info Jardín website, 2010, Agro-ayuda blogspot, 2010)

Los macro nutrientes son: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S).

### *Causas de las carencias*

- Poca cantidad en el suelo de ese o esos elementos (suelo pobre).
- Suelo con pH alto o bajo y mantiene al elemento insoluble.
- Antagonismo de elementos.

## 2.2.5 Eucalyptus

### A) *GENERAL*

El Eucalipto es una especie exótica, introducida y aclimata al país; es de origen australiano y ofrece gran interés desde el punto de vista forestal, ornamental y medicinal.

Generalmente son arboles de crecimiento rápido con alturas de 20 a 100 metros. El tallo es derecho y en arboles de cierta edad, las ramas inferiores caen dejando una altura considerable que se denomina “fuste”. Por lo general, la copa es piramidal. El fuste es de conicidad no muy pronunciada y esta propiedad es utilizada para postes. (Zegarra ,1957)

El eucalipto es generalmente rústico y de fácil cultivo; muchas variedades se han adaptado al país. Viven desde el nivel del mar hasta grandes alturas sobre el nivel del mar y los vemos muchas veces en plena cordillera soportando fríos intensos.

Los principales tipos de plantaciones, debido a su capacidad de producir usos y productos en corto tiempo, son (Zegarra 1957):

-Para madera de construcción y durmientes

-Para maderas de minas y leñas.

-Para cortavientos de plantaciones

-Para obtención de pulpa de papel

-Para obtención de aceites esenciales

Existen alrededor de 700 especies, la mayoría oriundas de Australia y que se ha introducido progresivamente en Europa y Sudamérica.

## B) EUCALIPTOS EN EL PERÚ

En nuestro país se sembraron las primeras semillas de eucaliptos en coincidencia con los primeros intentos de ornamentar parques y plazas. Fue en la Sierra donde se extendió su cultivo y donde por cierto, encontró mejores condiciones para su perfecto desarrollo y utilidad. Se cree que alrededor de la década de los 60 se hizo en ingreso del eucalipto al Perú (Zegarra 1957).

## C) EUCALYPTUS GLOBULUS LABILL



Figura 2 *Eucalyptus globulus* Labill

Fuente: Missouri Botanical Garden



Nombre científico: *Eucalyptus globulus* Labill

Nombre común: Eucalipto (Ecuador, Bolivia, Venezuela)  
Eucalipto, Ocalito (Colombia)  
Eucalipto macho (Bolivia)

Sinonimia: *E. cordata*, *E. diversifolia*, *E. glauca*, *E. perfoliata*

Familia: MYRTACEAE

Es el más conocido de todos los eucaliptos y el pionero de todas las plantaciones fuera de Australia.

Carbonel (2009) señala que el *Eucalyptus globulus* es un árbol perennifolio que maduro, puede alcanzar de 45 a 60 metros de altura. Presenta un tronco retorcido con corteza liza y ritidoma caduco. Zegarra (1957) señala que crece hasta 35 metros de altura, de tronco derecho y fuste generalmente largo; la corteza caduca, desprendiéndose en largas lonjas, que siguen la dirección espiralada que muchas veces adquiere el tronco en su desarrollo.

En cuanto a hojas, Carbonel (2009) describe que en la etapa juvenil las hojas son grandes, opuestas, entre ovales y oblongas, de color azul plateado y que toman un color verde franco al madurar; las hojas adultas son alternas largas estrechas y curvadas en forma de hoz.

Debido a su rápido crecimiento frecuentemente se emplean en plantaciones forestales para la industria papelera, maderera o para la obtención de productos químicos, además de su valor ornamental. Se utiliza como madera, para la construcción naval, construcciones rústicas; y también de sus hojas se produce aceite esencial.

Prefiere suelos ligeramente ácidos y frescos, es algo sensible a las sequías prolongadas y no resiste el frío intenso (Carbonel 2009).

### 3.1.2 Clima

Su clima seco que oscila entre los 13°C y los 28°C, su abundante sol y vientos moderados debido a los cerros de mediana altitud y arboledas que le dan protección, generan un agradable micro-clima. Presenta una precipitación media de 18,3mm

### 3.1.3 Ecología

Es una zona de vida desierto desecado sub- tropical (dd-S) según Holdridge (1987).

## 3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

### 3.2.1 Material experimental

#### A) ESPECIE FORESTAL

La especie forestal trabajada fue *Eucaliptus globulus*. Dicha especie al momento del repique tenían 1 mes y medio de edad con una frecuencia de riego de 2 veces por semana cuando en cama de almácigo. El lote de semillas que dio origen a estas plántulas provino de la sierra del Perú con un porcentaje de germinación del 90%.

#### B) LOMBRIZ

Se utilizó una especie de lombriz de tierra denominada *Pontoscolex corethrurus*.

Camacho (1994), en un estudio fitopatológico, menciona que la lombriz de tierra *Pontoscolex corethrurus* fue colectada de una huerta-jardín de la zona de Monterrico, distrito de Santiago de Surco, en Lima. Dicho lugar fue escogido por la facilidad del control de humedad. Posteriormente dichas lombrices fueron enviadas al Brasil para su identificación siendo sus principales características la longitud comprimida que varía de 50-135 mm, diámetro de 2-6 mm, la epidermis sin pigmentación, presencia de molleja cilíndrica así como esofágica con respecto a otras especies y que finalmente, se encuentran ahondando estratos de 0-15 cm, en condiciones de buena humedad.

Bajo estas características, es que se decidió buscar dicha lombriz de tierra en lugares de alta humedad como lo son las acequias del campus de la UNALM. (Ver Figura N°4)

*Importancia del magnesio, fósforo y potasio en E. globulus* (Phillips, 1994)

- Magnesio

Es importante en la fotosíntesis. En el *E. globulus* aparecen algunos síntomas a temprana edad pero luego la clorosis hace su presencia particularmente evidente en hojas adultas. También puede restringir el crecimiento radicular.

- Fósforo

El fósforo es un elemento muy importante, está envuelto en el desarrollo de raíces, flores y semillas y por supuesto es vital para la fotosíntesis.

En caso de deficiencias, aparecen primero en las hojas adultas que presentan un color morado acompañado de márgenes y puntas secas. En el *E. globulus* el único síntoma visible son los márgenes y puntas secas. Si se presta más atención las hojas tienen tamaño normal pero son atrofiadas con ramas pequeñas, tallo delgado y manchas marrones a nivel de la base del tallo. Además el crecimiento radicular es pobre

- Potasio

Es importante en la síntesis de proteínas y la formación de raíces y tallo. Es necesario en grandes cantidades a pesar que está atrapado en el suelo y no disponible inmediatamente para uso por las plantas.

Las deficiencias de potasio normalmente ocurren en suelos arenosos. Para el caso del *E. globulus* hay algunos síntomas visuales. Por ejemplo, en estadios tempranos existe presencia de manchas marrones en las hojas y el enrollamiento de las puntas y así como los márgenes de la hoja. Inicialmente son las hojas adultas las enfermas pero luego, todas terminan afectadas.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LUGAR

##### 3.1.1 Ubicación

El área de estudio se ubicó en las instalaciones de Manejo de Suelos pertenecientes a la Facultad de Agronomía que se encuentran en la Universidad Nacional Agraria La Molina ubicada en el distrito de La Molina, Lima.

El distrito de La Molina se ubica en la parte central de la costa peruana, en el departamento de Lima. Su extensión queda definida, aproximadamente, por las siguientes coordenadas geográficas:

12° 00' 03" a 12° 00' 07" Latitud Sur

76° 57' 00" a 76° 51' 00" Longitud Oeste



**Figura 3** Ubicación del experimento. Campus UNALM

*Fuente: Google Maps*



**Figura 4** Recolección de lombriz *Ponstoscolex corethrurus*

*Fuente: M.P. Díaz*

### 3.2.2 Otros materiales

#### A) BOLSAS EXPERIMENTALES

- Bolsas de plástico: Bolsas negras de dimensiones 6" x 8". La particularidad de estas bolsas es que no presentaban orificios en su base para evitar que las lombrices escapen.
- Sustrato: El sustrato utilizado fue proporcionado por el vivero forestal UNALM. Dicho sustrato tuvo la siguiente preparación:

5/8: Tierra de chacra (62.5%)

2/8: Arena (25%)

1/8: Guano (12.5%)

- Aserrín: El Aserrín fue proporcionado por el vivero forestal UNALM. Dicho aserrín fue solamente utilizado en 10 de las 25 bolsas experimentales como se detalla más adelante.
- Agua: Agua destilada proporcionada por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes del Departamento de Suelos-Facultad de Agronomía UNALM Suelos.

### *B) GENERACIÓN DE SOMBRA*

Se utilizó palos (soporte) y malla para crear condiciones de vivero con sombra controlada en donde las 25 bolsas experimentales se ubicaron.

### *C) DETERMINACIÓN DE MACROFAUNA*

- Bandejas de plástico
- Rastrillo pequeño de jardinería

### *D) DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS HÚMICAS*

- Agua destilada
- Beakers
- Erlenmeyers
- Balanza digital de 0,01 g de precisión
- Botellas de plástico de 250 ml
- Tubos de centrifuga
- Picetas
- Bureta
- Pipeta
- Fiola
- Reactivos

Pirofosfato de sodio

Hidróxido de sodio

Ácido sulfúrico

Dicromato de potasio

Sulfato ferroso

Fenilalanina

### *E) SERVICIOS*

#### a) Determinación del análisis de suelos-caracterización

Realizado por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes del Departamento de Suelos-Facultad de Agronomía UNALM Suelos.

### 3.2.3 Equipos y herramientas

#### *A) DIÁMETRO Y ALTURA*

- Diámetro: Vernier o Pie de Rey
- Altura: Regla de madera de 1 metro de longitud

#### *B) DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS HÚMICAS*

- Agitador mecánico
- Campana extractora
- Centrifuga
- Horno metálico
- Potenciómetro (pHmetro)
- Hornilla

### 3.3 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

#### 3.3.1 Trasplante

La obtención de las plántulas de eucalipto fue gracias al vivero forestal UNALM.

Las plántulas fueron trasplantadas desde las camas de almacigo hasta las bolsas experimentales.

Se llenó 15 bolsas conteniendo solo sustrato; el cual fue utilizado en la labor diaria del vivero. Las 10 restantes fueron llenadas con una mezcla homogénea que consta de  $\frac{2}{3}$  de sustrato y  $\frac{1}{3}$  de aserrín (provisto por el vivero)

Se dejó las bolsas experimentales por un tiempo aproximado de una semana para verificar que el trasplante había sido exitoso. (Ver Figura N° 5)



**Figura 5** Bolsas experimentales con eucaliptos trasplantados

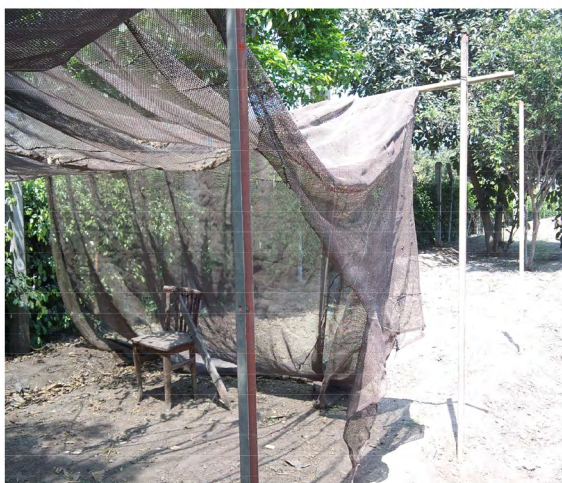
*Fuente: M.P. Díaz*

#### 3.3.2 Ambiente

Se simuló condiciones de vivero. Se utilizó malla Raschel de 65% para simular un tinglado así como condiciones de sombra para evitar exceso de aire y control de evaporación. (Ver Figura N°6)



Una vez terminada la instalación de condiciones de vivero, se llevó las plantas desde el vivero forestal UNALM hasta dicho lugar ubicado en las instalaciones de Manejo de Suelos, Facultad de Agronomía.



**Figura 6** Instalación de condiciones de vivero

*Fuente: M.P. Díaz*

### 3.3.3 Inoculación

Una vez verificado que el trasplante fue exitoso y ubicado en el lugar correcto, se procedió a la inoculación de lombrices siendo los tratamientos como se detalla a continuación:

Tratamiento 1: control sin lombrices

Tratamiento 2: sustrato + 150 gramos de biomasa fresca de lombriz *Pontoscolex* por metro cuadrado

Tratamiento 3: sustrato + 300 gramos de biomasa fresca de lombriz *Pontoscolex* por metro cuadrado

Tratamiento 4:  $\frac{2}{3}$  de sustrato +  $\frac{1}{3}$  de aserrín + 150 gramos de biomasa fresca de lombriz *Pontoscolex* por metro cuadrado.

Tratamiento 5:  $\frac{2}{3}$  de sustrato +  $\frac{1}{3}$  de aserrín + 300 gramos de biomasa fresca de lombriz *Pontoscolex* por metro cuadrado

Teniendo que el área de superficie de las bolsas fue de 0,091 m<sup>2</sup> (r=0,156 m), la proporción de 150 gramos de biomasa fresca de lombriz *Pontoscolex* por metro cuadrado equivale a 2,9 gramos de biomasa fresca de lombriz *Pontoscolex* para Tratamiento 2 y 4 (T2 y T4)

Para el Tratamiento 3 y 5 (T3 y T5) la proporción utilizada fue de 5,8 gramos de biomasa fresca de lombriz *Pontoscolex*. (Ver Figura N°7)



Figura A

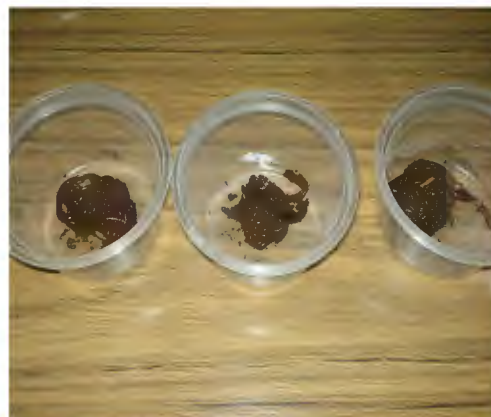


Figura B

**Figura 7** Cálculo de peso fresco de lombriz *Pontoscolex corethrurus* según tratamiento.

*Fuente: M.P. Díaz*

### 3.3.4 Evaluación

#### A) BIOMASA

Se procedió a sumar el peso seco obtenido de la parte aérea así como radicular de las 25 plantas de *Eucalyptus globulus*. La biomasa se expresa g/m<sup>2</sup> por lo que fue necesario conocer la superficie de las bolsas experimentales siendo esta 0,091 m<sup>2</sup>. (Ver Anexo N° 1)

#### B) CRECIMIENTO EN DIÁMETRO Y ALTURA

Para el diámetro, este fue medido en cinco oportunidades, una por cada mes durante el periodo de evaluación. Lo mismo se realizó con la altura. (Ver Anexo N°2)

### C) SUELO

#### b) Análisis de suelo-caracterización

Este análisis fue realizado por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes del Departamento de Suelos-Facultad de Agronomía UNALM Suelos. (Ver Anexo N°3)

*Dicho análisis constó de:*

Textura: Método del hidrómetro.

Salinidad: Conductividad Eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación agua:suelo 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación.

pH: Potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 o en suspensión suelo: KCL N, relación 1:2,5

Calcáreo total: Método Gaso-volumétrico utilizando Calcímetro

Materia Orgánica: Método de Walkey y Black, oxidación de carbono orgánico con dicromato de potasio

Nitrógeno total: método de micro-Kjeldahl

Fósforo disponible: Método de Olsen modificado

Potasio disponible: Extracción con acetato de amonio

Capacidad de Intercambio Catiónico: Saturación con Acetato de amonio

Iones intercambiales: Reemplazamiento con acetato de amonio

#### c) Sustancias húmicas

Las muestras utilizadas provinieron de la utilizada para el análisis de suelos-caracterización. Dicho análisis se realizó en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes del Departamento de Suelos-Facultad de Agronomía UNALM Suelos.

La metodología que se utiliza en dicho lugar se denomina Método de Kononova. (Ver **Figura N°9 y Anexo N°4**)

d) Macrofauna

Las bolsas experimentales fueron llevadas al Laboratorio de Manejo de Suelos de la Facultad de Agronomía.

Se procedió a romper las bolsas negras y descompactar el terrón. Una vez descompactado, se echó todo el contenido de la bolsa a la bandeja de plástico.

Se comenzó a buscar ordenadamente presencia de macro fauna ayudada de un rastrillo de jardinería. (Ver **Figura N°8**)



**Figura 8** Evaluación de Macrofauna

*Fuente: M.P. Díaz*

**Cuadro 4** Representación de los cuadros de variabilidad

*Fuente: Elaboración propia*

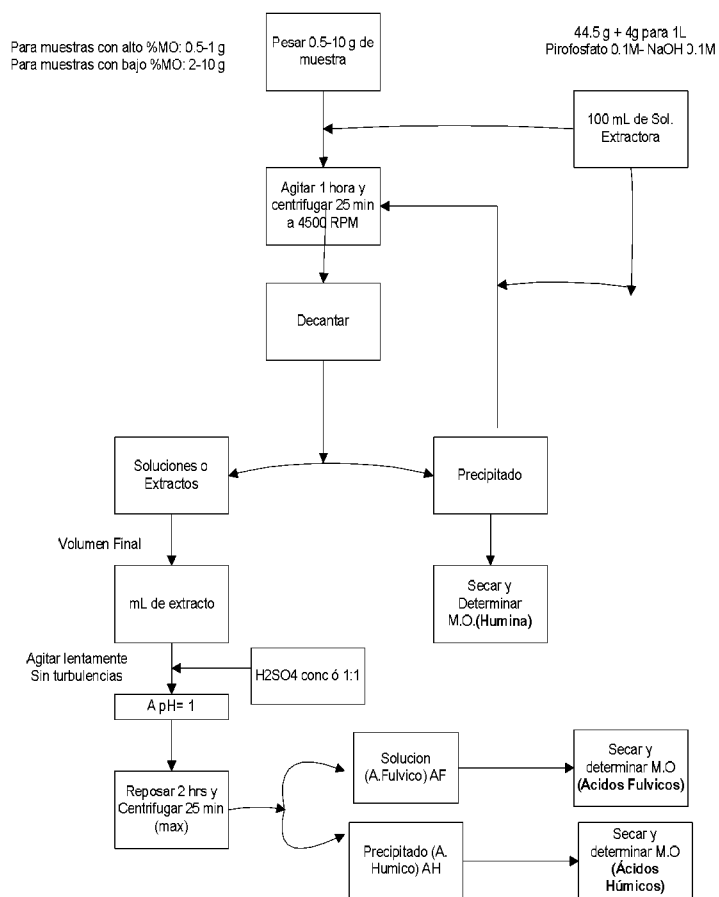
Tratamiento	Repetición	Descripción	Lombrices		Aserrín
			150g/m2	300g/m2	
1	1	S			
	2				
	3				
	4				
	5				
2	1	S+150 g lom	√		
	2		√		
	3		√		
	4		√		
	5		√		
3	1	S+300 g lom		√	
	2			√	
	3			√	
	4			√	
	5			√	
4	1	2/3S+1/3A+150g lom	√		√
	2		√		√
	3		√		√
	4		√		√
	5		√		√
5	1	2/3S+1/3A+300g lom		√	√
	2			√	√
	3			√	√
	4			√	√
	5			√	√

Donde:

*S=Sustrato solo*

*Lom=lombrices*

*A=aserrín*



**Figura 9** Diagrama de flujo para la obtención de Sustancias Húmicas.

*Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes del Departamento de Suelos - Facultad de Agronomía UNALM*

### 3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la investigación se utilizó un diseño completamente randomizado con 1 especie (*Eucalyptus globulus*). Cada especie tuvo 5 tratamientos con 5 repeticiones. En total 25 bolsas experimentales.

El modelo del diseño completamente randomizado es:  $Y_{ij} = \mu + E_{ij}$  que establece que las observaciones provienen de la misma población con media  $\mu$

Fuente de variabilidad

Dosis de lombrices

Las dosis de lombrices son las siguientes:

150 gramos de peso fresco de lombriz por metro cuadrado de suelo  
300 gramos de peso fresco de lombriz por metro cuadrado de suelo

Aserrín

1/3 del volumen de la bolsa de plástico que contiene el sustrato y la planta de *Eucalyptus globulus*. Este aserrín formó parte del sustrato de 10 bolsas experimentales de las 25 en total.

En el **Cuadro N°4** se resume las fuentes de variabilidad por cada tratamiento.

### 3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con los datos obtenidos se realizó el Análisis de Varianza. Dicho análisis se hizo a través del programa SPSS PASW Statistics 18. Primero se verificó que cada variable y sus resultados cumplan el principio de distribución normal así como el principio de homogeneidad. Una vez que ambos principios fueron respetados, se procedió a hacer el Test de Tukey para comparar las medias de las variables, con un nivel de significación del 5%.

El análisis de resultados se realizó tomando como hipótesis que las medias de los tratamientos aplicados son iguales para las diferentes variables, en otras palabras que la dosis de lombrices no alteraran las diferentes variables. Se rechazaron las hipótesis con un valor de significancia menor a 5%, aceptando como hipótesis válida que la inclusión de lombrices sí afectan los valores de la variable suelo, macro fauna así como sustancias húmicas.

La hipótesis inicial de la investigación es:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

Donde  $\mu_i$  representa cada tratamiento aplicado, siendo estos los diferentes tratamientos y variables.

En donde:

$\mu_0$  = Tratamiento



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 SUELO

#### 4.1.1 Fósforo

El fósforo es el segundo nutrimento en importancia y más aún por la frecuente deficiencia que hay entre los diferentes suelos. La concentración total de P en el suelo varía de 200 a 5000 mg kg<sup>-1</sup> (Lindsay mencionado por Castellanos 2000). Sin embargo solo una parte pequeña de P es asimilable por la planta en la solución del suelo.

Autores como Lee y Wood (citado por Bunemann 2010) han mostrado que las lombrices afectan la disponibilidad de nitrógeno (N) y fósforo (P).

Los efectos de los tratamientos con respecto al P disponible se muestran en el Cuadro N°5:

**Cuadro 5** Concentración promedio de fósforo disponible del sustrato(P) para cada uno de los tratamientos

<i>Nº Tratamiento</i>	<i>Descripción</i>	<i>Prom P (ppm)</i>
T1	S	71,60
T2	S+150 g lom	64,38
T3	S+300 g lom	69,74
T4	2/3S+1/3A+150g lom	60,22
T5	2/3S+1/3A+300g lom	50,12

*S=Sustrato solo; Lom=lombrices; A=aserrín*

*Fuente: Elaboración propia*

Según el análisis estadístico en el Cuadro N°6, los grupos que presentan diferencia significativa de sus medias son T1 con T5 y T3 con T5.

**Cuadro 6** Nivel de significancia y diferencia de medias para fósforo (P).

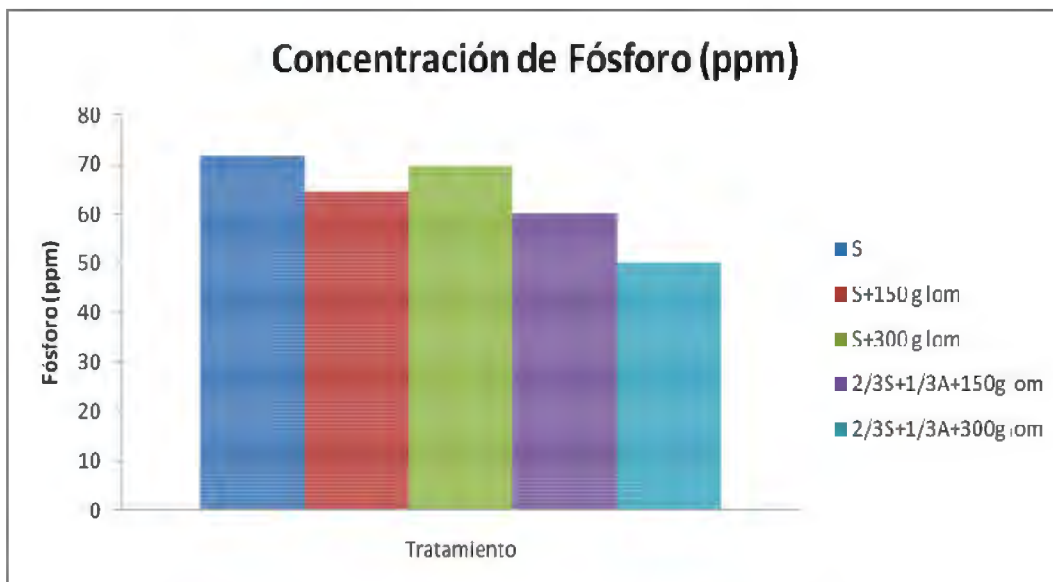
<b>Tratamiento</b>	<b>Nivel de Significancia</b>	<b>Diferencia de Medias</b>
T1-T5	0,024	21,48
T3-T5	0,044	19,62

*Fuente: Elaboración propia*

Se encontró que el T5 es el que tuvo la menor concentración promedio de ppm de P disponible. En este caso la proporción suelo, fuente de P, fue menor pues este fue mezclado con el aserrín en una proporción de 2/3. El aserrín a pesar de contener fósforo (aproximadamente 0.01% de fosforo total según Pino, 1997) no tiene una contribución directa por su lenta descomposición. Es a través de la biomasa microbiana que el fósforo no lábil puede ser tomado por la solución suelo (Castellanos et al; 2000)

Las lombrices a través de sus intestinos son las responsables de digerir el aserrín sin embargo, es posible su acción haya sido parcial por el tiempo de estudio.

Bunemann (2010) cita que la concentración del ion fosfato ( $PO_4^{-3}$ ) en la solución suelo puede decrecer como consecuencia directa de la absorción del P por las raíces. Esto ocurrió cuando se comparó los niveles de P disponible de la tierra vegetal sin tratamiento con concentración de la tierra vegetal utilizado como sustrato. (Ver Figura N°10)



**Figura 10** Concentración de Fósforo (ppm) de los 5 tratamientos.

(S=Sustrato solo; Lom=lombrices; A=aserrín)

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2 Magnesio intercambiable

En el **Cuadro N°7** se muestran los efectos de los diferentes tratamientos sobre el magnesio intercambiable del suelo.

**Cuadro 7** Concentración promedio de Magnesio intercambiable (meq/100g) por efecto de los diferentes tratamientos.

Nº Tratamiento	Descripción	Prom Mg (meq/100g)
T1	S	2,87
T2	S+150 g lom	2,99
T3	S+300 g lom	3,46
T4	2/3S+1/3A+150g lom	3,55
T5	2/3S+1/3A+300g lom	3,23

(S=Sustrato solo; Lom=lombrices; A=aserrín)

Fuente: Elaboración propia

En todos los tratamientos se muestra un ligero incremento de Mg con respecto al testigo (T1).

Los análisis estadísticos sólo encontraron diferencias significativa entre el T4 a base de aserrín y la inoculación de 150 g de lombrices con el T1 que consistió solo del sustrato sin ningún adicional.

**Cuadro 8** Nivel de significancia y diferencia de medias para Magnesio.

<i>Tratamiento</i>	<i>Nivel de significancia</i>	<i>Diferencia de medias</i>
T4-T1	0,041	0,676

*Fuente: Elaboración propia*

Estos niveles bajos de Mg en el tratamiento con solo sustrato se debió a que no se tuvo lombrices; ya que los excrementos de estos conocidos como *castings* enriquecen el suelo de Mg y otros elementos como P, Ca y N. (Scienceray,2011)

Si bien es cierto que los tratamientos 2, 3, y 5 tuvieron inoculación de lombrices estadísticamente no reflejan una diferencia significativa con respecto al testigo como si se da entre tratamiento 4 y 1.

El Magnesio es un elemento esencial ya que tiene un papel significativo en la constitución de la molécula de clorofila.

#### 4.1.3 Ácidos húmicos

Fracción de la materia orgánica del suelo y de gran importancia en su efecto sobre las propiedades físicas del suelo. En el **Cuadro N°9** se observa los resultados obtenidos para Ácidos Húmicos por efecto de los diferentes tratamientos. En general, el porcentaje promedio de los ácidos húmicos es mayor en los tratamientos donde hubo inoculación de las lombrices. Domínguez et al. (2010) señala que las lombrices se encargan de fraccionar el sustrato orgánico estimulando la actividad microbiana e incrementando las tasas de mineralización, de forma que el residuo orgánico se transforma rápidamente en sustrato humificado siendo los ácidos húmicos la fracción más importante.

**Cuadro 9** Porcentaje promedio de Ácidos húmicos

<b>Nº Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Promedio (%)</b>
T1	S	0,16
T2	S+150 g lom	0,39
T3	S+300 g lom	0,42
T4	2/3S+1/3A+150g lom	0,42
T5	2/3S+1/3A+300g lom	0,45

(S=Sustrato solo; Lom=lombrices; A=aserrín)

*Fuente: Elaboración propia*

En el análisis estadístico para la diferencia de medias entre los tratamientos, que son mostrados en el **Cuadro N°10**, se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos ( $p < 0.05$ ). Se puede afirmar que los mayores efectos se han dado por la inoculación de lombrices que han transformado las formas complejas de materia orgánica a ácidos húmicos. Cuando las lombrices digieren el aserrín mezclado con tierra vegetal, estos pasan por su tracto digestivo y por acción de diferentes enzimas esta materia orgánica se descompone y a su vez suelta nutrientes en forma disponible.

**Cuadro 10** Nivel de significancia y diferencia de medias para Ácidos húmicos

<b>Tratamiento</b>	<b>Nivel de Significancia</b>	<b>Diferencia de medias</b>
T2-T1	0,040	0,237
T3-T1	0,021	0,260
T4-T1	0,021	0,260
T5-T1	0,007	0,297

*Fuente: Elaboración propia*

Con respecto a la calidad del aserrín, las condiciones de clima tampoco ofrecieron buenas oportunidades para que las lombrices lo descompongan como se encontró en otros estudios realizados en los trópicos húmedos por Ydrogo (1995).

Adicionalmente, las referencias que señalan que los reguladores del crecimiento como ácido indol acético (auxina), giberelinas y citokininas, son producidos por microorganismos, y que existen ciertas sugerencias que la promoción de la actividad microbiana en la materia orgánica por lombrices de tierra puede resultar en la producción de reguladores del crecimiento de plantas. (Tomati et al, mencionado por Atiyeh et al., 2002)

#### 4.1.4 Ácidos fúlvicos y Ácidos húmicos

Los mejores indicadores para ver la calidad de la materia orgánica están compuestos de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos. Los resultados de la suma directa de los porcentajes promedios de ácidos fúlvicos y ácidos húmicos se muestran en el **Cuadro N°11** para cada tratamiento.

**Cuadro 11** Porcentaje promedio de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos

<i>N° Tratamiento</i>	<i>Descripción</i>	<i>Ácidos Húmicos</i>	<i>Acidos Fúlvicos</i>	<i>Ac. Hum+Ac. Fulv</i>
		<i>Promedio (%)</i>	<i>Promedio (%)</i>	<i>Promedio (%)</i>
T1	S	0,16	0,23	0,39
T2	S+150 g lom	0,39	0,097	0,49
T3	S+300 g lom	0,42	0,101	0,52
T4	2/3S+1/3A+150g lom	0,42	0,169	0,59
T5	2/3S+1/3A+300g lom	0,45	0,288	0,74

(S=Sustrato solo; Lom=lombrices; A=aserrín)

*Fuente: Elaboración propia*

El **Cuadro N°12** muestra el análisis estadístico (Test de Tukey siendo  $p < 0.05$ ). Las diferencias significativas se dan entre el control y el tratamiento con mayor dosis de lombrices complementado con tierra vegetal y aserrín. (T4-T1).

En general todos los que recibieron algún tratamiento ya sea de aserrín o de lombrices fueron mayores que el tratamiento control pero estadísticamente no se manifestaron estos resultados con excepción de los que se ha discutido anteriormente.

**Cuadro 12** Nivel de significancia y diferencia de medias para ácidos húmicos y ácidos fúlvicos

<i>Tratamiento</i>	<i>Nivel de Significancia</i>	<i>Diferencia de medias</i>
T5-T1	0,014	0,355

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.1.5 Huminas

Musco et al. (1999) señala que las lombrices son importantes en la humo génesis ya que los residuos fecales contienen sustancias húmicas que pueden influenciar el crecimiento de la planta a través de efectos fisiológicos. Las huminas forman parte de las sustancias húmicas obtenido de la fracción de materia orgánica que no se disuelve al NAOH.

En el **Cuadro N°13** se dan los resultados del efecto de los tratamientos.

**Cuadro 13** Porcentaje promedio de huminas (Método de Fraccionamiento)

<i>Nº Tratamiento</i>	<i>Descripción</i>	<i>Promedio (%)</i>
T1	S	1,51
T2	S+150 g lom	1,57
T3	S+300 g lom	1,70
T4	2/3S+1/3A+150g lom	4,03
T5	2/3S+1/3A+300g lom	3,52

*(S=Sustrato solo; Lom=lombrices; A=aserrín)*

*Fuente: Elaboración propia*

### 4.3 CRECIMIENTO

#### 4.3.1 Diámetro de plántulas

El Crecimiento en diámetro tuvo los siguientes resultados (Ver Cuadro N°16) y el siguiente comportamiento durante el periodo de experimento. (Ver Figura N°11)

**Cuadro 16** Crecimiento diámetro promedio

<i>Tratamiento</i>	<i>Descripción</i>	<i>Crecimiento diámetro promedio (mm)</i>				
		<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Setiembre</i>	<i>Octubre</i>
T1	S	1,30	2,11	2,82	3,56	4,09
T2	S+150 g lom	1,19	1,98	2,49	2,91	3,36
T3	S+300 g lom	1,25	1,93	2,44	3,18	3,81
T4	2/3S+1/3A+150g lom	1,34	1,92	2,17	2,50	2,73
T5	2/3S+1/3A+300g lom	1,15	1,38	1,60	1,87	2,03

*(S=Sustrato solo; Lom=lombrices; A=aserrín)*

*Fuente: Elaboración propia*

En todos los diferentes tratamientos se observa que hubo crecimiento a lo largo del tiempo (5meses). Los tratamientos que alcanzaron mayor diámetro (medido desde la superficie del suelo) fueron el tratamiento 1 y 3 (T1 yT3) con promedios de 4,09 y 3,81 mm respectivamente a la finalización del estudio (Octubre). Por otro lado, los menores crecimientos diametrales se dieron en los tratamientos 4 con 2,73mm y tratamiento 5 con 2,03 mm. Aparentemente, la calidad del aserrín medido por la relación C/N que arrojó 242 no dejo que los organismos heterótrofos tengan suficiente Nitrógeno (N) disponible para alimentarse. Por esta razón, estos organismos no pudieron convertir los elementos minerales orgánicos a inorgánicos, forma en que la planta lo absorbe.



Cuando el porcentaje de huminas es alto, esto quiere decir que la materia orgánica está poco descompuesta o en fase de descomposición. Dependiendo de la calidad de materia orgánica la solubilidad de estas va a ser diferente. En este caso, los tratamientos que fueron a base de aserrín, para ambas dosis, presentaron un mayor contenido de huminas. Esto significa que el aserrín utilizado no es de buena calidad y que las lombrices no han tenido tiempo o capacidad para descomponer estos compuestos en soluciones orgánicas más solubles como si lo son los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.

Sobre el análisis estadístico ( $p < 0.05$ ), en el **Cuadro N°14** los valores de los tratamientos 4 y 5 (T4 y T5) presenta los porcentajes promedios más altos por lo tanto el aserrín adicionado no fue de buena calidad por lo anteriormente expuesto.

**Cuadro 14** Nivel de significancia y diferencia de medias obtenida para huminas

<i>Tratamiento</i>	<i>Nivel de Significancia</i>	<i>Diferencia de Medias</i>
T4-T1	0,000	2,5252
T5-T1	0,000	2,0104
T4-T2	0,000	2,4629
T5-T2	0,000	1,9482
T4-T3	0,000	2,3333
T5-T3	0,000	1,8186

*Fuente: Elaboración propia*

## 4.2 MACROFAUNA

En el **Cuadro N°15** se observa los resultados después de 5 meses (150 días aproximadamente).

En ninguno tratamiento con sus respectivas repeticiones hubo incremento de fauna incluso en algunos casos la macro fauna declinó a cero (0) presencia de lombrices. Sin embargo solo el Tratamiento 4 y 5 (T4 y T5) con sus respectivas repeticiones si tuvieron un remanente.

**Cuadro 15** Macrofauna inoculada y remanente

<i>Nº Tratamiento</i>	<i>Descripción</i>	<i>Individuos Promedio</i>	
		<i>Inicial</i>	<i>Final</i>
T1	S	0	0
T2	S+150 g lom	8	0
T3	S+300 g lom	10	0
T4	2/3S+1/3A+150g lom	5	2
T5	2/3S+1/3A+300g lom	9	5

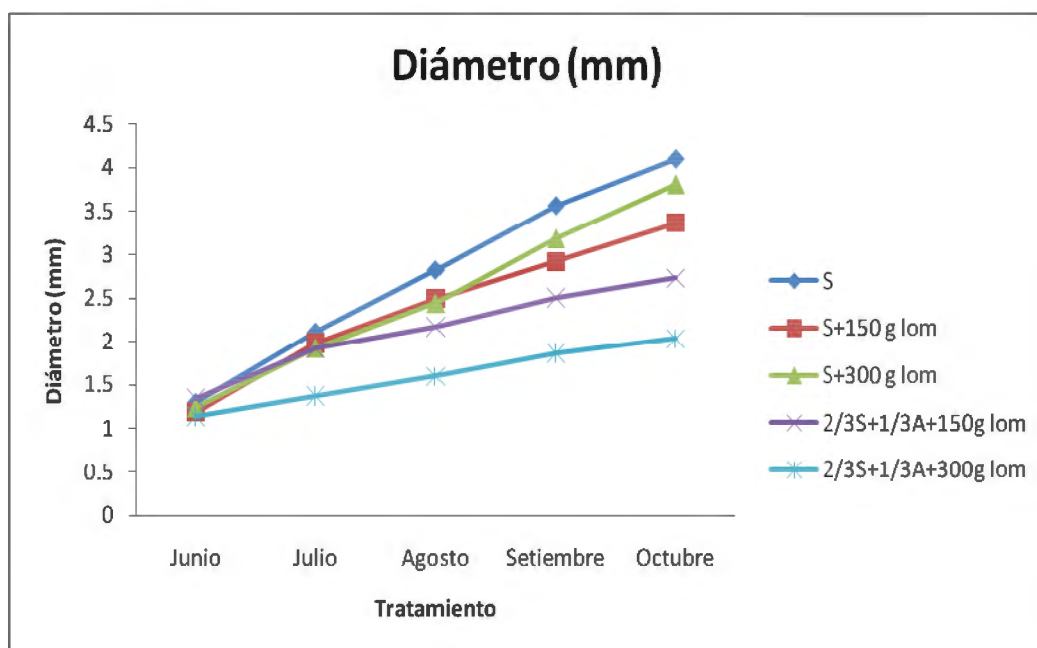
(S=Sustrato solo; Lom=lombrices; A=aserrín)

*Fuente: Elaboración propia*

De acuerdo al análisis de los individuos inoculados inicialmente comparado con los individuos analizados al final del estudio, la disminución en un primer momento se debió por razones de competencia con otros insectos de la macro fauna que el suelo posee como las hormigas lo cual determinó que la acción de esta macro fauna sea parcial y que no hayan realizado la actividad esperada. Por otro lado, valores promedios de 3,20 dS/m (T2 y T3) en conductividad eléctrica da pie a inferir que la presencia de incrustaciones de sales puede haber actuado abrasivamente en la estructura corporal de la lombriz estudiada. La fuente de esta salinidad es debido al guano utilizado en el sustrato.

Cabe resaltar que para esta variable no hubo análisis estadístico por su gran variabilidad, mortandad y otros factores que puedan haber influenciado su comportamiento.

**Figura 11** Crecimiento en diámetro de plántulas de eucalipto durante 5 meses.



(S=Sustrato solo; Lom=lombrices; A=aserrín)

Fuente: Elaboración propia

Estadísticamente, los tratamientos que presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) son tratamiento 1 y 5 (T1-T5) y tratamiento 3 y 5 (T3-T5). Otra vez se corrobora que el factor limitante en la variable diámetro fue el aserrín que tuvo acción inmediata por su baja calidad, dejando de lado la acción de la lombriz esperada para dicha variable. (Ver Cuadro N°17)

**Cuadro 17** Nivel de significancia y diferencia de medias para diámetro.

Tratamiento	Nivel de Significancia	Diferencia de medias
T1-T5	0,002	1,170
T3-T5	0,017	0,916

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.2 Altura de plántulas

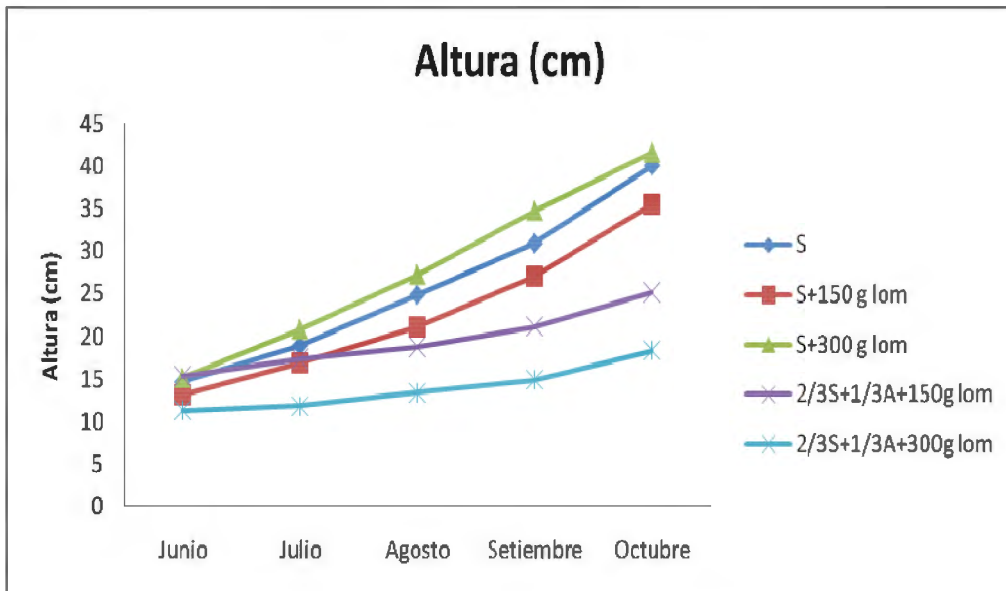
El crecimiento en altura tuvo el siguiente comportamiento durante el periodo del experimento. (Ver Cuadro N°18)

**Cuadro 18** Crecimiento en altura promedio

Tratamiento	Descripción	Crecimiento altura promedio(cm)				
		Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
1	S	14,8	19,04	24,96	30,96	40,02
2	S+150 g lom	13,2	16,96	21,14	27,04	35,44
3	S+300 g lom	15,22	20,9	27,28	34,7	41,50
4	2/3S+1/3A+150g lom	15,36	17,44	18,80	21,22	25,18
5	2/3S+1/3A+300g lom	11,4	11,92	13,46	14,98	18,42

Fuente: Elaboración propia

**Figura 12** Crecimiento en altura de plántulas de eucalipto durante 5 meses.



(S=Sustrato solo; Lom=lombrices; A=aserrín)

Fuente: Elaboración propia

En todos los tratamientos con sus respectivas repeticiones mostraron crecimiento en altura a lo largo del tiempo de experimento. Las mayores alturas fueran alcanzadas por el tratamiento 3 (T3: Sustrato con inoculación de 300 g/m<sup>2</sup> de peso fresco de lombriz) seguido del tratamiento 1(T1). En su contraparte, fueron los tratamientos 4 y 5 con menores alturas alcanzadas.

La variable Altura analizada estadísticamente indica que los tratamientos 1, 2, 3 difieren del 5 (T1, T2, T3- T5) así como el tratamiento 3 del 4 (T3-T4). (Ver Cuadro N°19)

**Cuadro 19** Nivel de significancia y diferencia de medias para altura.

<b>Tratamiento</b>	<b>Nivel de significancia</b>	<b>Diferencia de medias</b>
T1-T5	0.001	11.92
T2-T5	0.021	8.72
T3-T4	0.029	8.32
T3-T5	0.000	13.884

*Fuente: Elaboración propia*

Nuevamente se infiere que el aserrín, el cual debió ser digerido por las lombrices, y su alta relación C/N, influyó directamente para que la acción de la lombriz de tierra *Ponstoscolex corethrurus* no se manifestara como lo esperado en el crecimiento en altura de los tratamientos 4 y 5 (T4 y T5).

En el vivero forestal UNALM los eucaliptos que están disponibles para siembra directa tienen como altura y diámetro promedio 87,5 cm y 6,50 mm respectivamente. Si estos datos son comparados con los tratamientos probados en esta investigación es el Tratamiento 3 compuesto de Sustrato + 300 g de peso fresco de lombriz. / m<sup>2</sup> que tiene dichos valores por lo que nuevamente se afirma que el sustrato utilizado en el vivero forestal UNALM presenta condiciones bastante buenas para el establecimiento de especies vegetales como lo fue para el *Eucalyptus globulus* Labill.

## 5. CONCLUSIONES

- En el presente estudio, se afirma que la inoculación de la lombriz de tierra *Pontoscolex corethrurus* generó cambios a nivel de suelo y macro fauna.
- A nivel de macro nutrientes los cambios se dieron en fósforo (P) y magnesio (Mg).
- Los niveles de fósforo disponible (P) se mantuvieron altos con una disminución promedio de 14,6%, a pesar de lo utilizado por la planta para su desarrollo durante los 5 meses de estudio.
- Los niveles de magnesio intercambiable tuvo un ligero incremento en todos los tratamientos, el cual fue 10,14% en promedio sin embargo, estadísticamente esta diferencia sólo se reflejó en 2 grupos.
- La materia orgánica a través de las sustancias húmicas tuvo cambios. Los ácidos húmicos, ácidos fúlvicos más ácidos húmicos y huminas tuvieron resultados diferentes al testigo por influencia de la lombriz *Pontoscolex corethrurus* y/o el aserrín utilizado.
- Se concluye entonces que la acción de la lombriz a los cinco meses del estudio fue parcial en las características del suelo (teniendo como objetivo general el determinar la influencia de la lombriz de tierra *Pontoscolex corethrurus* en el establecimiento de plántones de *Eucaliptus globulus* así como en el crecimiento en altura y diámetro de las plántulas.
- Respecto al contenido de C/N del aserrín, las condiciones de clima no ofrecieron buenas oportunidades para que las lombrices lo descompongan tal y como se encontró en otros estudios mencionados anteriormente.
- La proporción de 300 gramos de peso fresco de lombriz *Pontoscolex corethrurus* por metro cuadrado, utilizado en el tratamiento 3, fue la que mejor resultado obtuvo en los diferentes análisis realizados.

## 6. RECOMENDACIONES

- Trabajar con sustratos que previamente hayan sido digeridos por la lombriz de tierra *Pontoscolex corethrurus*. Este nuevo sustrato enriquecido servirá de sostén para repicar la especie vegetal en estudio.
- Trabajar con otras especies forestales para medir la posible acción de dicha lombriz,
- Controlar la calidad del compost utilizado en sustratos preparados ya que muchos de ellos presentan alta concentración de sales debido a la fuente animal.
- Probar lombrices *Pontoscolex corethrurus* con sustratos que sean considerados de baja calidad y señalar los cambios generados a partir de la inoculación.
- Probar con mejores calidades de aserrín medido por la relación Carbono/Nitrógeno. Y a su vez, indicar cuál es más óptima para la lombriz de tierra *Pontoscolex corethrurus*.
- Seguir esta línea de investigación aumentando el número de repeticiones en condiciones de vivero y el comportamiento de estas plantas en campo definitivo, así como la fertilización con el material proveniente de la degradación del suelo de esta especie de lombriz *Pontoscolex corethrurus* en terreno definitivo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agro-ayuda blog. s.f.** Nutrientes: agua y aire, Macronutrientes y Micronutrientes (en línea). Chile. Consultado el 28 de Febrero del 2010. Disponible en <http://agro-ayuda.blogspot.com/2008/04/nutrientes-agua-y-aire-macronutrientes.html>
- ATIYEH R.M. et al. 2002.** The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresources Technology*, 84: 7-14.
- BRADY N.; WEIL R. 2008.** *The Nature and Properties of Soils*. United States: Pearson Prentice Hall. p. 331-344, 443-460, 493-515.
- BROWN, G. et al. s.f.** Effects of Earthworms on Plant Production in the Tropics. In *Earthworm management in tropical agroecosystems*, eds P. Lavelle, L. Brussaard y P.F. Hendrix. Wallingford: CAB International. p. 87-148
- BUNEMANN E. 2010.** *Biological Processes in Soil Phosphorus*. The Netherlands: Springer. p. 199-205
- CAMACHO P. 1994.** La lombriz de tierra y su efecto sobre *Fusarium solani* (Mart) Sacc. y *F. oxysporum* Schl.f.sp. phaseoli Kendrick y Snyder. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. p.27-28
- CARBONEL, D. 2009.** Diagnostico de las micorrizas en plantaciones forestales en el valle de Chanchamayo. Tesis Ing. Forestal. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. p. 24-29
- CASTELLANOS J. et al. 2000.** *Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas*. 2 ed. México: INCAPA. p. 36-37, 51-60
- DOMINGUEZ J.; LAZCANO C. 2010.** *Acta Zoológica Mexicana* 2: 359-371
- FRAGOSO C.; LAVELLE P. 1992.** Earthworm communities of tropical rainforests. *Soil Biology and Biochemistry* 24(12):1397-408
- FRAGOSO C. et al. 1999.** Earthworm communities of Tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. En *Earthworm Management in Tropical Agroecosystems*, eds. P. Lavelle, L. Brussaard and P.F. Hendrix. Wallingford: CAB International. p. 27-56



- Info jardín. s.f.** Carencia de nutrientes minerales (en línea). España. Consultado el 28 de febrero del 2010. Disponible en <http://articulos.infojardin.com/articulos/carencias-nutrientes-minerales.htm>
- HIGUERAS P. 2004.** Evaluación del crecimiento en una plantación de *Eucaliptus globulus* L. con aplicación de fertilizantes. Tesis Ing. Forestal. Temuco, Chile. Universidad Católica de Temuco. p. 6
- HOLDRIDGE J. 1987.** Ecología Basada en Zonas de Vida. 3ed. Costa Rica: IICA. p. 43-48
- JONES C. 1997.** Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. Ecology 78(7). p. 1946-57
- LAVALLE P. et al. 1999.** Earthworm Management in Tropical Agroecosystems. Wallingford: CAB International. 320p
- LAVELLE P.; SPAIN A. 2001.** Soil Ecology. The Netherlands: Springer. p. 285-293
- LOPEZ et al. 1999.** Ácidos húmicos extraídos de los Llanos. Revista Facultad Agronómica. 25(1).42-45.
- MENDOZA G. 2004.** Efecto de bioestimulantes y Ácidos Húmicos en el rendimiento y calidad del cultivo del brocoli. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. p. 24-34
- MUSCOLO A. et al. 1999.** Earthworm humic matter produces auxin-like effect on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. Soil Biology and Biochemistry,31(9), 1303-11
- PASHANASI B. 1994.** Large scale field experiments at Yurimaguas (Perú). In: Conservation of Soil Fertility in Low-input Agricultural Systems of the Humid Tropics by Manipulating Earthworm Communities (Macro fauna Project). Project N°2. p. 60-69
- PASHANASI B. et al. 1994.** Efecto de las lombrices de tierra (*Pontoscolex corenthrurus*) sobre el crecimiento de cultivos anuales y características físicas y químicas en suelos de Yurimaguas. Folia Amazónica 6: 5-45.

## *ANEXO 2*

### **Metodología de medición del crecimiento en diámetro y altura**

Durante 5 meses se procedió a tomar medidas de diámetro y altura a las 25 bolsas experimentales.

#### *Diámetro*

- 1) Con la ayuda de un vernier digital se midió el diámetro el cual fue al ras del tallo con el sustrato.
- 2) La medida se dio en mm

#### *Altura*

- 1) Con la ayuda de una regla de madera de 1 metro se midió la altura de las 25 bolsas experimentales.
- 2) La medida se dio en cm

- PINO M. 1997.** Destilación seca de madera de cuatro categorías diamétricas de *E. globulus* L. de una plantación de Cajamarca. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina, p. 19-21
- PHILLIPS CH. 1994.** Nutrient Deficiencies Publication. Primary Industries and Resources SA-PIRSA (en línea). Australia. Consultado el 9 de Mayo del 2011. Disponible en [http://outernode.pir.sa.gov.au/forestry/publications\\_index/forest\\_health\\_information/factSheets/nutrient\\_deficiencies](http://outernode.pir.sa.gov.au/forestry/publications_index/forest_health_information/factSheets/nutrient_deficiencies)
- RAFAEL G. 2006.** Efecto del abonamiento con humus, compost y 2 sustancias húmicas en el rendimiento del frijol *Canario centenario*. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, p. 11-1
- SCIENCERAY. 2011.** Biology of Earthworm (en línea). Consultado el 7 de Mayo del 2011. Disponible en <http://sciencera.com/biology/biology-of-earthworms/>
- STORK N.; EGGLETON P. 1992.** Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *American Journal of Alternative Agriculture* 7 (1/2):38-47
- YDROGO H. 1995.** Inoculación de Lombrices de tierra *Pontoscolex corenthrurus* y Presencia de micorrizas *Vesículo arbusculares* en plántulas de araza (*Eugenia stipitata*), Achiote (*Bixa Orellana*) y Pijuayo (*Bactris gasipaes*) y sus efectos en el crecimiento. *Folia Amazónica* 7 (1/2): 5-18
- ZEGARA J. 1957.** El Cultivo del Eucalipto. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú. Escuela Nacional de Agricultura, p. 4-19

# ANEXO 1

## Metodología para el cálculo de biomasa

Teniendo las bolsas experimentales llena de sustrato y con el *E. globulus* se procede a:

- 1) Cortar el tallo de la planta al ras del tallo con el sustrato.
- 2) Pesar inmediatamente la parte aérea de la planta en una balanza digital de precisión.  
Apuntar el dato obtenido.
- 3) Colocar la parte aérea en una bolsa de papel codificada y llevarla al horno seco a temperatura 105°C por 48 horas
- 4) Romper la bolsa para destruir el terrón
- 5) Se destruye el terrón con las manos y con ayuda de herramientas simples de jardinería.
- 6) Cuidadosamente obtener la raíz evitando que se rompa por algunas de sus partes.  
Limpiarla cuidadosamente
- 7) Colocar la parte radicular en la bolsa de papel codificada y llevarla al horno seco junto donde se encuentra la parte aérea.
- 8) Pasado las 48 horas, proceder a pesar las bolsas con su respectivo contenido. Es importante tener el dato del peso seco de la bolsa para tener datos correctos.
- 9) Sumar ambos pesos secos (aéreos y radiculares) y dividirlo por el área de influencia. En este caso es el área de la bolsa experimental la cual tenía como valor 0,091 m<sup>2</sup>.
- 10) La biomasa se expresa g/cm<sup>2</sup>



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS  
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



**ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION**

Solicitante : MARIA PIA DIAZ ZUÑIGA

Departamento : LIMA  
 Distrito : LA MOLINA  
 Referencia : H.R. 29139-080C-10

Bolt : 7371

Provincia : LIMA  
 Predio :  
 Fecha : 15-12-10

Lab	Número de Muestra Campo	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>			
12583	1-1	7.40	2.70	0.60	2.18	60.6	618	78	16	6	A.Fr.	7.04	3.27	2.76	0.81	0.20	0.00	7.04	7.04	100
12584	1-2	7.40	3.44	0.60	2.39	86.2	936	80	16	4	A.Fr.	8.00	3.74	2.90	1.09	0.27	0.00	8.00	8.00	100
12585	1-3	7.50	3.00	0.60	1.91	69.5	655	76	18	6	Fr.A.	8.00	3.83	3.05	0.89	0.24	0.00	8.00	8.00	100
12586	1-4	7.54	2.81	0.50	1.78	67.5	575	78	16	6	A.Fr.	7.52	3.59	2.81	0.80	0.32	0.00	7.52	7.52	100
12587	1-5	7.36	4.01	0.60	2.12	74.2	836	80	16	4	A.Fr.	7.68	3.41	2.86	1.10	0.31	0.00	7.68	7.68	100
12588	2-1	7.40	3.09	0.60	1.71	66.0	612	78	16	6	A.Fr.	7.52	3.52	2.95	0.79	0.26	0.00	7.52	7.52	100
12589	2-2	7.36	3.34	0.60	2.32	58.3	724	76	18	6	Fr.A.	9.12	4.92	3.07	0.89	0.24	0.00	9.12	9.12	100
12590	2-3	7.56	1.97	0.60	2.32	57.9	642	76	16	8	Fr.A.	8.48	4.11	3.14	0.98	0.24	0.00	8.48	8.48	100
12591	2-4	7.16	5.62	0.60	2.39	66.8	1254	78	16	6	A.Fr.	8.80	4.57	2.77	1.29	0.17	0.00	8.80	8.80	100
12592	2-5	7.45	2.52	0.80	2.12	72.9	664	78	16	6	A.Fr.	8.00	3.71	3.05	0.99	0.24	0.00	8.00	8.00	100
12593	3-1	7.54	3.59	0.70	3.21	88.5	916	74	18	8	Fr.A.	10.08	3.91	4.48	1.34	0.35	0.00	10.08	10.08	100
12594	3-2	7.40	2.94	0.60	2.18	61.5	622	78	16	6	A.Fr.	8.00	3.92	3.05	0.82	0.21	0.00	8.00	8.00	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

*Ing. Braulio La Torre Martínez*  
 Jefe del Laboratorio

Formato de análisis de suelo: Caracterización

ANEXO 3

## ANEXO 4

### Metodología para obtención de sustancias húmicas- Método Kononova

- 1) Para suelo se utiliza 2-5 g si contenido de materia orgánica es menor a 2%
- 2) Agregar a la botella de plástico y añadir 100ML de solución extractora. Agitar 1 hora
- 3) Transferir el contenido del frasco a tubos de centrifugar por 15 minutos a 4500 rpm.
- 4) El líquido extraído es guardado en frascos. Si la solución es coloreada, transferir el sólido procedente de la centrifugación al frasco y añadir 100mL más de solución extractante. El procedimiento se repetirá hasta obtener un líquido incoloro.
- 5) Todos los extractos se mezclan y forman un solo extracto. Enrasar a volumen conocido. Guardar el sólido.
- 6) Del volumen total se toma unos 100mL. Se le añade ácido sulfúrico 1:1 hasta llegar a pH 1, dejar enfriar y centrifugar.
- 7) Los ácidos húmicos precipitan y los ácidos fulvicos se quedan en solución.
- 8) Llevar a vasos cada fracción: sólidos (huminas), precipitado (Ac. Húmicos), solución (Ac. Fulvicos)
- 9) Evaporar a baño maría o estufa 60°C hasta sequedad.
- 10) Proceder a determinar m.o. para cada fracción a través de titulación.
- 11) No olvidar: M.O Total: m.o huminas + m.o ac. húmicos + ac. Fulvicos

## ANEXO 5

### Cálculos Estadísticos

	<b>VARIABLE</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>GRADO DE LIBERTAD</b>	<b>MEDIA CUADRATICA</b>	<b>F</b>	<b>SIG</b>
<b>SUELO</b>	pH	0,07	4	0,018	2,305	0,094
	Conductividad Eléctrica	4,25	4	1,062	1,684	0,193
	Carbonato de Calcio	0,002	4	0,001	0,214	0,927
	Materia Orgánica	NO CUMPLE LOS SUPUESTOS MINIMOS				
	Fósforo	1473,45	4	368,363	3,566	0,024
	Potasio	117752,64	4	29438,16	0,886	0,49
	Capacidad de Intercambio Catiónico	NO CUMPLE LOS SUPUESTOS MINIMOS				
	Ion Calcio	NO CUMPLE LOS SUPUESTOS MINIMOS				
	Ion Magnesio	1,683	4	0,421	3,52	0,025
	Ion Potasio	NO CUMPLE LOS SUPUESTOS MINIMOS				
	Suma de Cationes	NO CUMPLE LOS SUPUESTOS MINIMOS				
	Suma de Bases	NO CUMPLE LOS SUPUESTOS MINIMOS				
	Biomasa	0,288	4	0,072	4,91	0,006
	Ácidos Húmicos	NO CUMPLE LOS SUPUESTOS MINIMOS				
	Ácidos Fúlvicos	NO CUMPLE LOS SUPUESTOS MINIMOS				
	Huminas	29,355	4	7,339	38,462	0,000
	Ácidos Húmicos y Ácidos Fúlvicos	0,346	4	0,087	3,51	0,025
<b>CRECIMIENTO</b>	Diámetro	4,055	4	1,014	3,835	0,018
	Altura	601,709	4	150,427	6,166	0,002
<b>MACROFAUNA</b>	NO SE REALIZÓ					

## ANEXO 6

### Datos utilizados

<b>Muestra</b>	<b>pH</b>	<b>C.E</b>	<b>CaCo3</b>	<b>MO</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
<b>T1-R1</b>	7,4	2,7	0,6	2,18	60,6	618
<b>T1-R2</b>	7,4	3,44	0,6	2,39	86,2	936
<b>T1-R3</b>	7,5	3,00	0,6	1,91	69,5	655
<b>T1-R4</b>	7,54	2,81	0,5	1,78	67,5	575
<b>T1-R5</b>	7,36	4,01	0,6	2,12	74,2	836
<b>T2-R1</b>	7,4	3,09	0,6	1,71	66,0	612
<b>T2-R2</b>	7,36	3,34	0,6	2,32	58,3	724
<b>T2-R3</b>	7,56	1,97	0,6	2,32	57,9	642
<b>T2-R4</b>	7,16	5,62	0,6	2,39	66,8	1254
<b>T2-R5</b>	7,45	2,52	0,6	2,12	72,9	664
<b>T3-R1</b>	7,54	3,59	0,7	3,21	88,5	916
<b>T3-R2</b>	7,4	2,94	0,6	2,18	61,5	622
<b>T3-R3</b>	7,48	3,07	0,5	2,05	61,4	654
<b>T3-R4</b>	7,36	3,02	0,6	2,18	64,1	544
<b>T3-R5</b>	7,44	2,89	0,6	2,25	73,2	690
<b>T4-R1</b>	7,59	3,09	0,6	5,26	69,1	1036
<b>T4-R2</b>	7,54	2,16	0,7	6,21	69,5	886
<b>T4-R3</b>	7,52	2,71	0,6	4,37	62,0	750
<b>T4-R4</b>	7,5	2,58	0,6	5,33	50,4	904
<b>T4-R5</b>	7,52	2,50	0,5	4,16	50,1	758
<b>T5-R1</b>	7,59	3,66	0,6	4,10	53,9	1018



<b>T5-R2</b>	7,54	1,78	0,50	5,12	62,5	609
<b>T5-R3</b>	7,54	1,81	0,60	4,03	51,4	601
<b>T5-R4</b>	7,46	1,55	0,60	4,16	54,1	536
<b>T5-R5</b>	7,42	2,26	0,60	3,69	28,7	662

<b>Muestra</b>	<b>CIC</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>Na</b>	<b>Sum. Cation</b>
<b>T1-R1</b>	7,04	3,27	2,76	0,81	0,20	7,04
<b>T1-R2</b>	8,00	3,74	2,90	1,09	0,27	8,00
<b>T1-R3</b>	8,00	3,83	3,05	0,89	0,24	8,00
<b>T1-R4</b>	7,52	3,59	2,81	0,80	0,32	7,52
<b>T1-R5</b>	7,68	3,41	2,86	1,10	0,31	7,68
<b>T2-R1</b>	7,52	3,52	2,95	0,79	0,26	7,52
<b>T2-R2</b>	9,12	4,92	3,07	0,89	0,24	9,12
<b>T2-R3</b>	8,48	4,11	3,14	0,98	0,24	8,48
<b>T2-R4</b>	8,80	4,57	2,77	1,29	0,17	8,80
<b>T2-R5</b>	8,00	3,71	3,06	0,99	0,24	8,00
<b>T3-R1</b>	10,08	3,91	4,48	1,34	0,35	10,08
<b>T3-R2</b>	8,00	3,92	3,05	0,82	0,21	8,00
<b>T3-R3</b>	8,80	4,62	3,07	0,88	0,23	8,80
<b>T3-R4</b>	8,32	4,13	3,20	0,76	0,24	8,32
<b>T3-R5</b>	9,12	4,30	3,51	1,02	0,30	9,12
<b>T4-R1</b>	8,48	3,31	3,58	1,28	0,31	8,48
<b>T4-R2</b>	10,08	4,37	4,22	1,20	0,29	10,08
<b>T4-R3</b>	9,12	4,11	3,62	1,06	0,33	9,12

<b>T4-R4</b>	8,00	3,42	3,16	1,11	0,31	8,00
<b>T4-R5</b>	8,32	3,72	3,18	1,06	0,37	8,32
<b>T5-R1</b>	8,00	3,20	3,15	1,29	0,36	8,00
<b>T5-R2</b>	8,00	3,20	3,45	0,97	0,38	8,00
<b>T5-R3</b>	8,32	3,94	3,07	0,98	0,33	8,32
<b>T5-R4</b>	8,32	3,9	3,23	0,93	0,26	8,32
<b>T5-R5</b>	8,00	3,16	3,29	0,89	0,67	8,00

<b>Muestra</b>	<b>Sum. Bases</b>	<b>Biomasa</b>	<b>Ac. Húmicos</b>	<b>Ac.Fulvicos</b>	<b>Huminas</b>	<b>Ac. Húmicos+Ac. Fúlvicos</b>
<b>T1-R1</b>	7,04	329,84	0,17	0,31	1,60	0,48
<b>T1-R2</b>	8,00	235,60	0,07	0,24	1,60	0,31
<b>T1-R3</b>	8,00	345,55	0,20	0,24	1,45	0,44
<b>T1-R4</b>	7,52	366,49	0,07	0,07	1,43	0,14
<b>T1-R5</b>	7,68	146,60	0,30	0,31	1,49	0,61
<b>T2-R1</b>	7,52	298,43	0,30	0,15	1,25	0,45
<b>T2-R2</b>	9,12	376,96	0,65	0,07	1,49	0,71
<b>T2-R3</b>	8,48	0,00	0,51	0,07	1,66	0,58
<b>T2-R4</b>	8,80	47,12	0,24	0,10	1,77	0,34
<b>T2-R5</b>	8,00	251,31	0,31	0,10	1,70	0,41
<b>T3-R1</b>	10,08	429,32	0,41	0,10	2,51	0,51
<b>T3-R2</b>	8,00	235,60	0,35	0,20	1,56	0,55
<b>T3-R3</b>	8,80	350,79	0,55	0,07	1,26	0,62
<b>T3-R4</b>	8,32	397,91	0,43	0,07	1,43	0,50
<b>T3-R5</b>	9,12	146,60	0,37	0,07	1,77	0,44
<b>T4-R1</b>	8,48	94,24	0,24	0,07	4,04	0,31
<b>T4-R2</b>	10,08	209,42	0,58	0,14	4,79	0,71

<b>T4-R3</b>	9,12	68,06	0,34	0,10	3,57	0,44
<b>T4-R4</b>	8,00	68,06	0,58	0,37	4,36	0,95
<b>T4-R5</b>	8,32	89,01	0,38	0,17	3,43	0,55
<b>T5-R1</b>	8,00	57,59	0,43	0,27	3,43	0,70
<b>T5-R2</b>	8,00	52,36	0,58	0,24	4,24	0,82
<b>T5-R3</b>	8,32	89,01	0,48	0,31	2,64	0,78
<b>T5-R4</b>	8,32	62,83	0,44	0,27	3,83	0,71
<b>T5-R5</b>	8,00	47,12	0,37	0,36	3,48	0,73

	<b>DIAMETRO(mm)</b>				
	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setiembre</b>	<b>Octubre</b>
<b>T1-R1</b>	1,12	2,59	3,50	4,09	4,23
<b>T1-R2</b>	1,28	1,63	2,49	3,01	3,75
<b>T1-R3</b>	1,87	2,29	2,91	3,92	4,37
<b>T1-R4</b>	1,28	2,17	3,02	4,27	4,65
<b>T1-R5</b>	0,95	1,86	2,18	2,51	3,47
<b>T2-R1</b>	1,21	1,90	2,53	3,28	4,32
<b>T2-R2</b>	1,21	2,73	3,08	3,25	3,75
<b>T2-R3</b>	0,84	1,36	2,00	2,20	2,45
<b>T2-R4</b>	1,11	1,68	2,05	2,21	2,55
<b>T2-R5</b>	1,60	2,25	2,81	3,63	3,73
<b>T3-R1</b>	1,66	2,05	3,18	4,00	4,80
<b>T3-R2</b>	1,07	1,92	2,25	2,85	3,53
<b>T3-R3</b>	1,25	2,05	2,17	2,81	3,60
<b>T3-R4</b>	1,28	1,98	2,69	3,76	4,02
<b>T3-R5</b>	0,98	1,65	1,93	2,49	3,08
<b>T4-R1</b>	1,22	1,95	2,09	2,73	3,06
<b>T4-R2</b>	1,56	2,22	2,93	3,46	3,62
<b>T4-R3</b>	1,32	1,93	2,01	2,29	2,55
<b>T4-R4</b>	1,08	1,37	1,47	1,62	1,78
<b>T4-R5</b>	1,54	2,12	2,34	2,41	2,62
<b>T5-R1</b>	1,09	1,55	1,76	2,08	2,17
<b>T5-R2</b>	1,24	1,35	1,69	2,05	2,18
<b>T5-R3</b>	1,12	1,61	1,72	1,86	2,20
<b>T5-R4</b>	1,24	1,22	1,48	1,60	1,83
<b>T5-R5</b>	1,04	1,16	1,35	1,76	1,79

	<b>ALTURA(cm)</b>				
	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setiembre</b>	<b>Octubre</b>
<b>T1-R1</b>	14,3	19,5	25,1	34,8	40,5
<b>T1-R2</b>	13,8	16,6	21,3	26,7	38,5
<b>T1-R3</b>	17,7	23,3	29,6	37,8	47,7
<b>T1-R4</b>	17,2	22,6	31,4	35,0	41,0
<b>T1-R5</b>	11,0	13,2	17,4	20,5	32,4
<b>T2-R1</b>	16,0	17,8	22,2	30,9	40,7
<b>T2-R2</b>	16,0	21,5	27,6	35,6	43,4
<b>T2-R3</b>	13,0	13,7	14,0	18,6	23,5
<b>T2-R4</b>	10,8	16,8	18,2	19,8	30,1
<b>T2-R5</b>	10,2	15,0	23,7	30,3	39,5
<b>T3-R1</b>	17,7	25,3	30,0	38,7	47,6
<b>T3-R2</b>	16,0	21,4	27,8	33,5	40,6
<b>T3-R3</b>	15,2	20,1	26,4	34,7	42,3
<b>T3-R4</b>	16,8	22,1	30,5	39,7	45,2
<b>T3-R5</b>	10,4	15,6	21,7	26,9	31,8
<b>T4-R1</b>	14,5	17,3	19,1	21,0	26,0
<b>T4-R2</b>	12,0	16,8	19,4	23,7	25,6
<b>T4-R3</b>	15,0	17,5	18,2	21,0	22,8
<b>T4-R4</b>	13,9	14,4	15,0	16,6	23,0
<b>T4-R5</b>	21,4	21,2	22,3	23,8	28,5
<b>T5-R1</b>	14,1	14,0	16,1	17,0	21,1
<b>T5-R2</b>	15,0	15,6	16,4	17,6	20,3
<b>T5-R3</b>	12,4	12,8	15,2	17,5	18,9
<b>T5-R4</b>	6,50	7,10	8,50	10,5	16,3
<b>T5-R5</b>	9,00	10,1	11,1	12,3	15,5

	<b>Número de Lombrices</b>	
	<i>Inicial</i>	<i>Final</i>
<b>T1R1</b>	0	0
<b>T1R2</b>	0	0
<b>T1R3</b>	0	0
<b>T1R4</b>	0	0
<b>T1R5</b>	0	0
<b>T2R1</b>	9	0
<b>T2R2</b>	8	2
<b>T2R3</b>	6	0
<b>T2R4</b>	12	2
<b>T2R5</b>	5	0
<b>T3R1</b>	12	0
<b>T3R2</b>	9	0
<b>T3R3</b>	12	0
<b>T3R4</b>	10	0
<b>T3R5</b>	10	0
<b>T4R1</b>	5	0
<b>T4R2</b>	6	2
<b>T4R3</b>	4	3
<b>T4R4</b>	6	5
<b>T4R5</b>	8	2
<b>T5R1</b>	10	4
<b>T5R2</b>	9	6
<b>T5R3</b>	10	4
<b>T5R4</b>	10	5
<b>T5R5</b>	10	8