

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EM
BOKASHI Y DOS TRATAMIENTOS PRE GERMINATIVOS EN
CIPRÉS (*Cupressus sempervirens L.*) EN VIVERO**

ISABEL MARIELA PAREDES SALINAS

2008

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA**

**EFFECTO DE TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EM BOKASHI
Y DOS TRATAMIENTOS PRE GERMINATIVOS EN CIPRÉS (*Cupressus
sempervirens L.*) EN VIVERO**

Tesis de Grado presentado como
requisito parcial para optar el Título
de Ingeniera Agrónoma

ISABEL MARIELA PAREDES SALINAS

ASESOR:

Ing. Luis Goitia Arce

.....

TRIBUNAL EXAMINADOR:

Ing. Eliseo Quino Mamani

.....

Ing. Wilfredo Lizarro Flores

.....

APROBADA

PRESIDENTE TRIBUNAL EXAMINADOR

.....

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**EFFECTO DE TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EM BOKASHI
Y DOS TRATAMIENTOS PRE GERMINATIVOS EN CIPRÉS (*Cupressus
sempervirens L.*) EN VIVERO**

Tesis de Grado presentado como
requisito parcial para optar el Título
de Ingeniera Agrónoma

ISABEL MARIELA PAREDES SALINAS

ASESOR:

Ing. Luis Goitia Arce



TRIBUNAL EXAMINADOR:

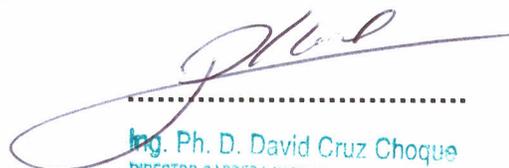
Ing. Eliseo Quino Mamani

Ing. Wilfredo Lizarro Flores



APROBADA

PRESIDENTE TRIBUNAL EXAMINADOR



Ing. Ph. D. David Cruz Choque
DIRECTOR CARRERA INGENIERIA AGRONOMICA
FACULTAD DE AGRONOMIA - U.M.S.A.

Para tí Juan Pablo, que
eres todo en mí vida ...



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberle puesto el sentido a mi vida, mi hijo Juan Pablo. Gracias papá Litito y mamá Horty, por sus sacrificios para hacer de mí una persona profesional, por haber sido siempre parte de todos mis logros, de mis penas y alegrías, gracias por darme siempre su apoyo sin condiciones. Gracias Sandra por ser la mejor hermana y la mejor amiga, por ser mi complemento.

Gracias a mi amigo, mi hermano del alma Ñeco, por tu amistad, por todo el tiempo dedicado, por hacerme reír, y por tu colaboración para terminar este trabajo. A mi amiga Mónica, por ser hoy un ejemplo a seguir, por tus consejos, por tu preocupación y toda la colaboración que me das, por enseñarme a compartir, gracias.

A mi asesor el Ing. Luis Goitia, por estar siempre pendiente de mi trabajo, por su constante preocupación para lograrlo. A mis revisores el Ing. Wilfredo Lizarro y el Ing. Eliseo Quino, por su tiempo y acertadas correcciones. Al Ing. Ramiro Ochoa por su aporte al enriquecimiento de este trabajo. A la Sra. Mónica Rojas de Kardex por su guía y paciencia. A el Ing. José Claros, Ing Zambrana, Ing Ontiveros, Ing Quintanilla, Ing Machicado, Lic Cesar Gomez, Daniel Morales, y a todo el personal de la empresa EMAVERDE, por darme la oportunidad de realizar esta tesis y creer en el trabajo que desempeñe, a mis compañeros tesisistas Antonio y Edgar por sus ayuda en la fase de campo, al Ph.D Abul Kalam por sus consejos y su amistad, gracias.

A todos mis amigos y compañeros de universidad German, Felipe, Jeyson, Chambon, Chato, Carmen, Sacha, Winsor, Víctor, Roberto, Raul, Elvis, Fernando, Edgar, Kevin, Judith, María Felix y a las Briochicas Ninel, Claudia, Gisela, Anita, a mis amigas del Herbario Nacional Carla, Ivlin, Alejandra y Leslie, por haber marcado momentos en cada etapa que siempre voy a recordar, gracias.

INDICE GENERAL

Contenido	i
Índice de cuadros	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
1. INTRODUCCION	
2. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo general	2
2.2 Objetivo específico	2
3. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
3.1. Descripción botánica	3
3.1.1.1 Tallo	3
3.1.1.2 Follaje	4
3.1.1.3 Flor	4
3.1.1.4 Fruto	4
3.1.1.5 Semilla	5
3.1.2 Distribución geográfica y ecológica	5
3.1.2.1 Suelos	6
3.1.3 Características y usos	6
3.1.3.1 Usos medicinales	6
3.1.3.2 Usos de la madera	7
3.2 Recolección de semillas	7
3.2.1 Procedencia de la semilla	8
3.3 Semilla	9
3.3.1 Procesamiento de la semilla	10
3.4 Regeneración natural	11
3.4.1 Fenología	11
3.5 Propiedades externas de la semilla	12
3.5.1 Pureza física	12
3.5.2 Peso de mil semillas	13
3.5.3 Contenido de humedad de la semilla	13
3.6 Tratamientos pre- germinativos	14
3.7 Propiedades internas de la semilla	15
3.7.1 Viabilidad	15
3.7.2 Germinación y Emergencia	16
3.7.3 Emergía germinativa	17
3.7.4 Valor de germinación	18
3.7.5 Periodo de energía	18
3.7.6 Sanidad de la semilla	18
3.8 Sustratos	19
3.8.1 Importancia de la biodiversidad en el suelo	20
3.8.2 Materia orgánica del suelo	20
3.8.2.1 Composición de la materia orgánica del suelo	21
3.8.2.2 Descomposición de la materia orgánica del suelo	22

3.9 Humus	24
3.9.1 Definición	24
3.9.1.1 Humificación	25
3.9.1.2 Componentes orgánicos del humus	26
3.10 Fertilización orgánica	27
3.10.1 Homogeneidad de los materiales	27
3.10.2 Humedad	27
3.10.3 Tipo de tierra	27
3.11 Nutrimientos esenciales	28
3.11.1 Funciones de los nutrimentos en las plantas	28
3.11.1.1 Nitrógeno	28
3.11.1.2 Fósforo	29
3.11.1.3 Potasio	30
3.11.1.4 Calcio	30
3.11.1.5 Azufre	31
3.11.1.6 Magnesio	31
3.12 Propiedades químicas	32
3.12.1 Relación Carbono: Nitrógeno (C/N)	32
3.12.2 pH	33
3.13 Fertilizante orgánico EM Bokashi	34
3.13.1 Preparación de Bokashi	35
3.13.1.1 Bokashi aeróbico y anaeróbico	37
3.13.2 Utilización de Microorganismos efectivos EM	38
3.13.3 Principales microorganismos en el EM, y sus acciones en el suelo	39
3.13.4.1 Bacterias ácido lácticas	40
3.13.4.2 Levaduras	41
3.13.4.3 Bacterias fotosintéticas	42
3.13.4.4 Actinomicetos	42
3.14 Usos generales de EM (Microorganismos efectivos)	44
3.15 Preparación de EM Bokashi aeróbico	46
3.15.1 Factores a considerar en la preparación de EM Bokashi	48
3.15.1.1 Humedad	48
3.15.1.2 Aireación	48
3.15.1.3 Temperatura	49
4. MATERIALES Y METODO	50
4.1 Localización del área de estudio	50
4.1.1 Razones técnicas para la elección del área de estudio	50
4.2 Material experimental	50
4.2.1 Material vegetativo de estudio	50
4.3 Material para la elaboración de EM Bokashi	51
4.3.1 Material de campo	52
4.3.2 Equipo de campo	52
4.3.3 Equipo de laboratorio	52
4.4 Diseño experimental	53
4.4.1 Modelo	53
4.4.2 Factores en estudio	53

4.4.3	Formulación de tratamientos	54
4.4.4	Dimensiona del campo experimental	54
4.5	Variables de respuesta	55
4.6	Metodología de campo	55
4.6.1	Preparación de EM Bokashi	55
4.6.2	Ensayo de los tratamientos pre-germinativos	60
4.6.2.1	Escarificación física en agua	60
4.6.2.2	Estratificación en arena	60
4.7	Establecimiento del ensayo	60
4.7.1	Régimen de riego	62
4.7.2	Labores culturales, control de plagas y enfermedades en vivero	62
4.7.3	Duración de la fase experimental	62
4.8	Indicadores de respuesta	63
4.8.1	Determinación del número de semillas por estróbilo	63
4.8.2	Recolección y procesamiento de la semilla	63
4.8.3	Determinación de la pureza física	63
4.8.4	Morfología interna y externa de la semilla	64
4.8.5	Determinación de las medidas de la semilla	64
4.8.6	Determinación del número de semillas en un kilogramo de peso	64
4.8.7	Muestreo de semillas	64
4.8.8	Humedad de la semilla	65
4.8.9	Escarificación y estratificación de la semilla	65
4.8.10	Determinación del porcentaje de germinación	66
4.8.11	Energía germinativa y periodo de energía	67
4.8.12	Determinación del valor germinativo	67
4.8.13	Determinación de la viabilidad	67
4.8.14	Sanidad de la semilla	68
4.8.15	Determinación de pH, humedad, densidad aparente y real, capacidad de intercambio catiónico, cantidad de materia orgánica	68
4.8.16	Toma de temperaturas de la cama de EM Bokashi	68
5.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	69
5.1	Determinación del número de semillas por estróbilo	69
5.2	Determinación de las características morfológicas de la semilla de <i>Cupressus sempervirens L</i>	70
5.2.1	Forma	70
5.2.2	Color	70
5.2.3	Corte longitudinal	71
5.3	Comportamiento de indicadores externos en semillas de <i>Cupressus sempervirens L</i>	71
5.3.1	Pureza física de la semilla	71
5.3.2	Determinación del numero de semilla en un kilogramo de peso	72
5.3.4	Contenido de humedad de la semilla	72
5.4	Resultados del analisis germinativo con pruebas de	73

escarificación en agua y estratificado en arena de las semillas	75
5.5 Determinación de la viabilidad	75
5.6 Características físico químicas del abono orgánico EM Bokashi	76
5.6.1 Densidad aparente	78
5.6.2 Relación carbono/Nitrógeno	79
5.7 Propiedades biológicas	80
5.7.1 Producción de materia orgánica	82
5.7.2 Toma de temperatura de EM Bokashi	83
5.8 Resultados obtenidos de las variables altura de la planta numero de hojas, largo de raíz y diámetro de cuello	84
5.8.1 Altura de la planta	84
5.8.1.1 Comparación de medias entre testigo y tratamiento para altura de la planta	89
5.8.2 Numero de hojas	90
5.8.2.1 Comparación de medias entre testigo y tratamiento para numero de hojas	93
5.8.3 Largo de raíz	94
5.8.3.1 Comparación de medias entre testigo y tratamiento para largo de raíz	98
5.8.4 Diámetro de cuello	99
5.8.4.1 Comparación de medias entre testigo y tratamiento para diámetro de cuello	103
5.8.5 Análisis de correlación	105
5.8.6 Análisis de costos	107
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
6.1 Conclusiones	109
6.2 Recomendaciones	112
7. BIBLIOGRAFIA	114

Índice de cuadros

Cuadro 1: Número de semillas limpias por kilogramo de peso del género <i>Cupressus</i>	12
Cuadro 2: Composición porcentual del tejido vegetal maduro y la materia orgánica del suelo	22
Cuadro 3: Descripción de los tratamientos de tres niveles de EM Bokashi y dos tratamientos pre- germinativos	54
Cuadro 4: Determinación de la cantidad de semillas por estróbilo	69
Cuadro 5 : Dimensiones de la semilla de <i>Cupressus sempervirens L</i>	70
Cuadro 6: Pureza física de la semilla	71
Cuadro 7: Peso de 100 semillas	72
Cuadro 8: Contenido de humedad	73
Cuadro 9: Comparación de los tratamientos pre- germinativos propuestos	74
Cuadro 10: Determinación de la viabilidad	75
Cuadro 11: Características físico- químicas de EM Bokashi	76
Cuadro 12: Características químicas promedio de EM Bokashi e interpretación	78
Cuadro 13: Resultados del análisis biológico de EM Bokashi	80
Cuadro 14: Composición de microorganismos de EM Bokashi	82
Cuadro 15: Análisis de varianza de altura de la planta	85
Cuadro 16: Análisis de efectos simples de altura de la planta	88
Cuadro 17: Promedios de altura de la planta de cada tratamiento	89
Cuadro 18: Comparación y significancia entre tratamientos	89
Cuadro 19: Análisis de varianza de numero de hojas	90
Cuadro 20: Promedios de numero de hojas de cada tratamiento	93
Cuadro 21: Comparación y significancia entre tratamientos	94
Cuadro 22: Análisis de varianza de largo de raíz	94
Cuadro 23: Análisis de varianza de efectos simples del largo de raíz	97
Cuadro 24: Promedios de largo de raíz de cada tratamiento	98
Cuadro 25: Comparación y significancia entre tratamientos	99
Cuadro 26: Análisis de varianza de diámetro de cuello	100
Cuadro 27: Promedios de diámetro de cuello de cada tratamiento	104
Cuadro 28: Comparación y significancia entre tratamientos	104
Cuadro 29: Matriz de correlación de las variables estudiadas	105
Cuadro 30: Costos e ingresos en Bs. a nivel experimental en la elaboración de EM Bokashi	108

Índice de figuras

Figura 1: Materiales para la elaboración de EM Bokashi	56
Figura 2: Molido de carbón	57
Figura 3: Aplicación de agua con regadera en la superficie para mantener la humedad en la preparación.	57
Figura 4: Aplicación de EM (levadura, fermentos lácticos, y melaza).	58
Figura 5: Volteo de la mezcla	58
Figura 6: Preparación de la levadura y fermentos lácticos y aplicación de agua sobre EM Bokashi	59
Figura 7: Llenado de sustrato en las bolsas para repique	61
Figura 8: Instalación final de los tratamientos en las bolsas de repique	61
Figura 9: Repique de los plantines	62
Figura 10: Germinación de semillas sometidas a escarificación y estratificación	66
Figura 11: Curva de temperatura en grados °C durante los días de fermentación de EM Bokashi	84
Figura 12: Prueba de medias de los tratamientos en estudio	86
Figura 13: Prueba de medias de los niveles de EM Bokashi	87
Figura 14: Prueba de medias de los tratamientos pre- germinativos	87
Figura 15: Efectos simples de la interacción de los tratamientos pre- Germinativos con los niveles	88
Figura 16: Numero de hojas de los tratamientos en estudio	91
Figura 17: Prueba de medias del numero de hojas de los niveles de fertilización	92
Figura 18: Numero de hojas de los tratamientos pre- germinativos	93
Figura 19: Prueba de Duncan de los tratamientos en estudio	95
Figura 20: Pruebas de Duncan del largo de raíz de los niveles de EM Bokashi	96
Figura 21: Prueba de Duncan del largo de raíz de los tratamientos pre- germinativos	97
Figura 22: Efectos simples del largo de raíz	98
Figura 23: Diámetro de cuello de los tratamientos en estudio	101
Figura 24: Prueba de medias de Duncan del diámetro de cuello de los niveles en estudio	101
Figura 25: Prueba de Duncan del diámetro de cuello de los tratamientos pre- germinativos	102
Figura 26: Análisis de varianza de efectos simples de diámetro de cuello	103
Figura 27: Efectos simples de diámetro de cuello	103
Figura 28: Regresión del numero de hojas- altura de la planta	106
Figura 29: Regresión del largo de raíz- altura de la planta	106
Figura 30: Regresión del diámetro de cuello- altura de la planta	107

1. INTRODUCCION.

En nuestra ciudad se generan una gran cantidad de residuos orgánicos de origen vegetal. Este es el caso de los residuos orgánicos que genera el desayuno escolar que otorga la Honorable Alcaldía Municipal de La Paz, bajo la coordinación de la Unidad de Nutrición y Alimentación Complementaria Escolar, repartiendo semanalmente más de 100.000 unidades de banano orgánico generando luego remanentes o desechos de cáscara, a los que no se les da ninguna utilidad ni tratamiento, perdiendo su valor como recurso valioso en la fabricación de abonos.

La problemática anterior se debe principalmente a la falta de información que poseen muchos productores de la manera de cómo aprovechar este subproducto. La concepción de desecho como producto inútil debe ser modificada, convirtiéndolo en parte fundamental del sistema productivo, pues su valor no es sólo económico sino también ecológico, es por esto, que, con el presente trabajo de tesis se pretende demostrar, que los desechos vegetales tales como la cáscara de banano pueden ser fácilmente aprovechados para la fabricación de abonos orgánicos.

La tecnología de Bokashi (abono orgánico fermentado) fue introducida a los países centroamericanos desde el Japón hace unos 10 años, como una tecnología alternativa. La utilización de esta tecnología en nuestro medio permitirá que se reduzcan las fuentes de contaminación que tanto afectan al medio ambiente y en definitiva a la comunidad.

El uso de los remanentes de banano en la fabricación de un abono orgánico y probar tratamientos que rompan la latencia y regulen la germinación en semillas de ciprés (*Cupressus sempervirens L.*), es el propósito del presente trabajo de investigación, para incentivar los trabajos de forestación, pues por tratarse de una especie siempre verde se convierte en una alternativa prominente en el ornato público en pro del embellecimiento de nuestra ciudad, que tanto necesita preservar y crear espacios verdes.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Estudiar el efecto de la aplicación de tres niveles de EM Bokashi y dos tratamientos pre - germinativos en ciprés (*Cupressus sempervirens L.*) en vivero, en la zona de Aranjuez de la ciudad de La Paz

2.2 Objetivos específicos

- Analizar el efecto de tres niveles de aplicación de EM Bokashi, mezclados en un sustrato base, en la germinación de ciprés (*Cupressus sempervirens L.*).
- Comparar los dos tratamientos pre- germinativos de remojo en agua por 72 horas y estratificación en arena por 15 días según la altura, diámetro de cuello, número de hojas y largo de raíz en ciprés (*Cupressus sempervirens L.*).
- Comparar los efectos de la interacción de cada uno de los niveles de EM Bokashi y los tratamientos pre- germinativos de acuerdo a la altura, diámetro de cuello, número de hojas y largo de raíz de ciprés (*Cupressus sempervirens L.*).
- Comparar individualmente al testigo respecto de cada uno de los tratamientos
- Determinar la pureza física, viabilidad, morfología, número de semillas/kg, porcentaje de germinación, energía germinativa de las semillas de ciprés (*Cupressus sempervirens L.*).
- Comparar los costos parciales de cada tratamiento.

3 REVISION BIBLIOGRAFICA.

3.1 Descripción Botánica

Maldonado (1926), indica que, el género *Cupressus* ha dado margen a las más caprichosas clasificaciones del polimorfismo de sus representantes que ninguna estabilidad da a sus caracteres externos. Se divide al género *Cupressus* en dos secciones: *Eucupressus* y *Chamaecyparis*

El mismo autor menciona que es un árbol de 25 a 30 metros de altura, estrechamente cónico, compacto; la copa ocupa un tercio a un cuarto del largo total del tronco.

Lamprecht (1990), refiriéndose a *Cupressus sempervirens* L, dice que esta especie siempre verde alcanza una altura de hasta treinta metros de altura y un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 100 centímetros. Se caracteriza por una alta copa piramidal.

3.1.1.1 Tallo

Maldonado (1926), menciona que el tronco tiene forma cónica, pero no faltan especies que lo tienen cilíndrico. Las ramas y ramillas son numerosas y flexibles. La corteza es lisa de color gris, ligeramente rosada y muy excepcionalmente escamosa. El tronco está protegido por una corteza delgada hendida a lo largo y ligeramente rugosa de color grisáceo. Las ramas son numerosas aproximadas unas a otras y levantadas, fuertes de color gris. Los brotes terminales son levantados, los de la base algo colgantes, ramillas redondeadas guarnecidas por hojas imbricadas.

De acuerdo a Lamprecht (1990), las ramas son predominantemente horizontales, colgando hacia abajo en sus extremos, estas no se agrupan en verticilos planos, sino se distribuyen en todas las direcciones.

3.1.1.2 Follaje

Maldonado (1926), señala que, las hojas son pequeñas, escamosas imbricadas a lo largo de las ramillas y persisten varios años sobre el árbol. Se encuentran comprimidas de tal manera que al tacto no resulten ásperas, de color verde sombrío, opacas, ovales, obtusas y con un estrecho surco longitudinal de trece a dieciocho milímetros El borde de las hojas es denticulado.

Lamprecht (1990), indica que las hojas son de azul grisáceo y tienen forma de escamas, disponiéndose en las ramitas en forma de tejas.

3.1.1.3 Flor

Maldonado (1926), menciona que, las flores masculinas están dispuestas en amento y las femeninas forman conos pequeños de forma variable. Las flores masculinas no presentan estambres, sino hojas estaminadas con sacos polinicos, situadas en el extremo de las ramillas alargadas, de forma oblonga, de cinco a ocho milímetros de largo. Las flores femeninas constituyen estróbilos, colocados sobre ramillas cortas, generalmente encorvadas de forma ovoide de cuatro a seis milímetros con escamas pulidas verdosas, sub.-obtusas, con bordes adelgazados.

3.1.1.4 Fruto

Maldonado (1926), indica que los conos son de maduración bianual y las escamas persisten después de la caída de las semillas. Los conos alcanzan un tamaño normal en el primer año de su formación y se abren a fines del invierno del segundo año o en el tercer año, cuando están maduros toman un color café o ceniciento y por regla general se les encuentra solitarios. Cada uno tiene de diez a catorce escamas soldadas irregularmente, poligonales con el dorso convexo, cada escama tiene de ocho a doce semillas.

Lamprecht (1990), describe al fruto como conos maduros de forma esférica de doce a dieciséis milímetros de grosor, con una protuberancia aguda a menudo enconada y están compuestos por seis a ocho escamas. Fructifica por primera vez a la edad de seis a nueve años, en condiciones desfavorables aun mas tarde. Las semillas de *Cupressus*, por el tipo de fruto, su hábito de diseminación y por su tipo de germinación se clasifican en semillas verdaderas

3.1.1.5 Semilla

Maldonado (1926), define que las semillas son numerosas, de seis a veinte, en la axila de cada escama completamente desarrollada, las alas de las semillas tienen células esclerosas. Las semillas son aplanadas, irregulares más o menos elípticas con muchas facetas, producidas por la compresión mutua dentro de la escama. Generalmente tiene tres caras, sus alas tienen de cinco a seis milímetros de largo.

Lamprecht (1990), menciona que las semillas son lisas y a veces tienen alas poco desarrolladas. Tienen dos cotiledones de un verde brillante de diez a quince milímetros de largo y se notan a la germinación del grano, pero a lo sumo sólo son fértiles del 25 al 30 % de los granos. Las semillas conservan por más de diez años la facultad de germinar.

3.1.2 Distribución geográfica y ecológica

Weeb *et al.* (1980), citados por Lamprecht (1990), mencionan como principales países productores de material generativo a Kenia, Tanzania, México, Guatemala.

Maldonado (1926), menciona que el origen de este árbol es muy remoto, lo que hace difícil situar su cuna, parece que es originario de los territorios asiáticos vecinos del mar Mediterráneo. Las masas más importantes de este árbol están en Afganistán e India, pero se ha aclimatado en Francia, Italia, Grecia, Cabo de Buena Esperanza, Norte y Sur América.

Según Weeb *et al.* (1998), citados por Lamprecht (1990), esta especie es apropiada para arboricultivos en regiones ubicadas sobre los 1.500 m s.n.m. y con temperaturas promedio anual entre aproximadamente 11 °C hasta una máxima de 17°C.

Maldonado (1926), menciona que, es un árbol sensible a las bajas temperaturas sobre todo cuando los plantines están en almacigo.

3.1.2.1 Suelos

Maldonado (1926), en relación a suelos menciona que, les conviene los suelos secos y pedregosos, y crece lentamente en terrenos ácidos.

3.1.3. Características y usos

Maldonado (1926), menciona que desprende una esencia muy agradable, contenida en una glándula poco visible y que se encuentra en el punto inserción de cada hoja.

3.1.3.1. Usos Medicinales

Maldonado (1926), indica que a las escamas de los conos aún verdes se les atribuye particularidades febrífugas y astringentes y en la medicina oriental no son pocas las drogas que contienen esta sustancia.

El mismo autor menciona que el aceite esencial de este ciprés tiene una influencia poderosa sobre la tos compulsiva.

La revista Woody Plant (1948), menciona que por la importante cantidad de taninos contenidos en sus frutos es de importante uso en la medicina homeopática, de los cuales se fabrican inciensos.

3.1.3.2. Usos de la madera

La revista Woody Plant (1948), dice que seis especies son nativas de Norte América, son usados para postes, vigas y cintas de ebanistería. Muchos cipreses sirven para reforestar áreas y controlar la erosión y el manejo de la vida salvaje.

Weeb *et al.* (loc cit) (1980), mencionan que la madera del género *Cupressus* posee un veteado hermoso a una altura de color blanco amarillento, con un duramen que va de amarillento a marrón oscuro. A pesar de no ser muy resinoso, la madera posee canales resinosos, es dura y fácil de trabajar, muy resistente a la intemperie. Su densidad es de aproximadamente 0.45 g/ cm³.

El mismo autor menciona que por ser madera de construcción buena y duradera es aprovechada para interiores y exteriores para trabajos en tierra y en agua, también es apreciada como madera para torneado y ebanistería, y adquiere cada vez más importancia en la fabricación de papel y como madera para contrachapados.

3.2. Recolección de semillas

Sandoval (1997), indica que hay dos maneras de adquirir semillas forestales; comprando a instituciones especializadas, o mediante recolección local. En ambos casos hay que verificar una adecuada procedencia. La procedencia se refiere al lugar de origen de la semilla, es decir la localidad geográfica donde se ha desarrollado el árbol padre.

Zalles (1998), señala que la recolección de semillas se organiza evaluando el sistema más adecuado para cada especie en función del tamaño del árbol, hábitos de fructificación, tipo y densidad del bosque, forma de diseminación y tamaño de los frutos. Las semillas y los frutos deben ser recolectados cuando están maduros; por otro lado estas deben ser cosechadas antes de que se deterioren. Las fechas de recolección varían según cada especie y localidad, de acuerdo a esto se aconseja

elaborar para cada región, un calendario fenológico indicando el mes de cosecha de las especies más importantes.

William (1991), menciona que las recolecciones que se efectúan en pequeña escala con fines de investigación, la selección de los árboles dependerá de los objetivos concretos de la investigación proyectada. En muchos países se está presentando mucha atención a la investigación de procedencias, el asesoramiento de la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO) sobre recolección de semillas de procedencias comprende las recomendaciones siguientes en cuanto a la selección de árboles:

- Recolectar en árboles de rodales normales
- Recolectar en un mínimo de 10 árboles de cada rodal o mejor de 25 a 50
- Los árboles semilleros deben estar separados entre sí por lo menos por la distancia de caída de las semillas
- Se debe marcar los árboles en los que se recolecta la semilla
- Se debe recolectar igual número de frutos por árbol.

3.2.1. Procedencia de la semilla

Zalles (1998), considera que la procedencia es la fuente geográfica o lugar de origen de un lote de semillas o de polen; en sentido estricto de la palabra, es la localidad geográfica de la que proviene un árbol o árboles madres y dentro de la cual se ha desarrollado, por selección natural su constitución genotípica. Esta es un área suficientemente amplia para la recolección del material de reproducción, definida por límites visibles por los cuales su identificación en el terreno es posible, estos deben ser cuidadosamente establecidos, teniendo en cuenta la mayor uniformidad fenotípica y ecológica posible.

Pieter (1982), señala que las plantas por cultivarse deben crecer bajo condiciones ambientales similares a las de los árboles padres, la información completa sobre la procedencia de semillas debe contener los siguientes datos:

- Fecha de recolección de la semilla
- Altitud, ubicación geográfica de la recolección y nombre del lugar
- Nombres vulgares y científicos de los árboles madres, así como su nombre estimado
- Origen de los rodales, si son naturales o implantados.
- Precipitación promedio anual, temperatura máxima y mínimas mensuales.
- Profundidad, textura, acidez del suelo.

3.3. Semilla

Rodríguez (1985), indica que la semilla es el óvulo fecundado y maduro, que cuando se siembra se obtiene plantas, en consecuencia la semilla es el órgano de reproducción de la planta. Una semilla madura, esta compuesta básicamente de tres partes: embrión, endospermo y testa.

Mesón y Montoya (1993), indican que la semilla es a la vez principio y fin vegetal superior; procede del óvulo tras ser fecundado por el grano de polen. La semilla es el embrión en estado de vida latente acompañado de un tejido nutritivo y rodeado por una cubierta llamada epispermo. El tejido nutritivo puede hacer alusión al endospermo, si el embrión no lo ha consumido previamente en su proceso de formación da inicio a los cotiledones en las angiospermas, las semillas van encerradas dentro del fruto que les sirve de protección. A su vez una semilla esta compuesta de un embrión que puede ser o no viable; por materiales destinados a nutrir el embrión (albumen, cotiledones) y por una envoltura protectora o epispermo que a su vez tiene una capa externa llamada testa y otra interna llamada tecmen.

De acuerdo a Sandoval (1997), en una semilla se distinguen tres partes: el embrión, el endospermo y los tegumentos o testa. El embrión es una planta en miniatura que esta formada por los cotiledones, la plúmula, el hipocotilo y la radícula. El hipocotilo es el tallo que une a los cotiledones con la radícula. La radícula es el rudimento radical del embrión. El mismo autor señala que el endospermo es un tejido de reserva a base de carbohidratos, grasas y proteínas, las que suministran energía para que se de la germinación y desarrollo hasta que se pueda iniciar la fotosíntesis.

Sandoval (1997), también menciona que el tegumento sirve para proteger el embrión y al endospermo de daños como ruptura, desecación, ataque de hongos, insectos, etc.

3.3.1. Procesamiento de la semilla

Octebeye y Oje (1995), recomiendan que, el tratamiento de una semilla incluye la separación de las semillas de los frutos, el secado y el almacenaje, el tratamiento de la semilla garantiza el suministro de alta viabilidad y vigor, esto se consigue con la seguridad de que las semillas verdes no se exponen a condiciones extremas de calor, frío, desecación o humedad. Además como es sabido que las semillas pierden viabilidad en el almacenaje se realizan también ensayos periódicos con la semilla a fin de conseguir que sólo se mantengan almacenadas semillas de gran calidad.

Pieter (1982), indica que, las vainas o frutos frescos se pueden extender al sol y limpiar las semillas, se pueden frotar estas con la mano sobre una malla, la cual retiene las impurezas. Como envase para semillas grandes se almacenan en sacos de lona o en cajas de hojalata. Antes del almacenamiento se debe colocar una etiqueta sobre el envase y otra dentro llevando el nombre científico de la especie, el lugar y fecha de recolección y el número de lote. Las semillas deben ser almacenadas en condiciones de baja humedad y temperatura.

3.4. Regeneración natural

Torrigo *et al.* (1997), mencionan sobre la regeneración natural que este proceso no se cumple en la mayoría de los casos, quedan en pie los árboles viejos sin ejemplares jóvenes o plantines en la base. Este es el resultado de una irracional forma de explotación, falta de manejo de los bosques naturales y producto de pastoreo intensivo, quemas periódicas que irremediablemente conducen a la desaparición de estos bosques o de las especies típicas.

Zamudio (1992) también indica que, la regeneración natural es muy escasa, probablemente las causas sean por dispersión de las semillas y los daños que causan a estas los coleópteros que las perforan y destruyen.

3.4.1. Fenología

Mariscal (1992) menciona que, la periodicidad de los elementos climáticos que conforman el medio ambiente físico: temperatura, precipitación (pp.), evapotranspiración potencial (ETP), radiación solar y evapotranspiración del cultivo (ETc) trae consigo cierto reflejo como una periodicidad análoga en la vida orgánica del ser viviente. La observación de estos períodos se denominan observaciones fenológicas, es decir el conocimiento de los fenómenos periódicos en la vida de las plantas.

Zamudio (1992) indica que durante el ciclo vegetativo de las plantas a partir del brote hasta la maduración o caída de las hojas en las perennes, el vegetal sufre continuas

exigencias con respecto a los elementos meteorológicos del estadio en que se encuentra, distinguiéndose lo que en fisiología se conoce como crecimiento y desarrollo.

3.5. Propiedades externas de la semilla

3.5.1. Pureza física

Según la Asociación Internacional para el Ensayo de Semilla (ISTA 1976), citado por Zalles (1988), menciona que la expresión semilla pura, hace referencia a la semilla de la especie de que se trate y además de las semillas maduras y sin daños, se incluyen las semillas de tamaño inferior al normal, consumidas inmaduras y germinadas, siempre que puedan identificarse claramente como potenciales especies de las que se trate y los trozos de semillas rotas cuyo tamaño es superior a la mitad original.

Álvarez y Verona (1988) mencionan que este análisis trata de averiguar el porcentaje de semilla pura (por masa) en una muestra de semilla, lo cual servirá para conocer si se trata o no de esa semilla y si se necesitara mayor o menor cantidad para una siembra dada, en conjunción con los resultados de la germinación de la fracción de semilla pura.

Cuadro 1: Número de semillas limpias por kilogramo de peso del género *Cupressus*.

Especie	Nº de semillas limpias/ kilogramo
<i>Cupressus glauca</i>	331.858
<i>Cupressus govenianna</i>	303.720
<i>Cupressus lusitanica</i>	197.238
<i>Cupressus macrocarpa</i>	170.000 a 180.000
<i>Cupressus tortolosa</i>	390.000 a 400.000

En el Cuadro 1 Maldonado (1926), indica que la pureza física es el número de semillas limpias que contiene un kilogramo de las especies forestales de *Cupressus*

3.5.2. Peso de mil semillas

Moreno (1984), indica que el objetivo de esta prueba es determinar el peso de mil semillas de una muestra. Esto puede llevarse a cabo:

- En la totalidad de la semilla pura, obtenida en el análisis de pureza.
- En ocho repeticiones de cien semillas cada una, de la semilla pura.

La Asociación Internacional para el Ensayo de Semilla (ISTA 1976), citado por Zalles (1988), prescribe como ocho replicas de cien semillas cada una con las que se puede calcular la desviación típica y el coeficiente de variación, así como la media; si el coeficiente de variación es inferior a cuatro, entonces se acepta la media, pero si es superior prescriben otras ocho replicas.

Lamprecht (1990), menciona que el peso de mil semillas de *Cupressus sempervirens* L. varía según procedencia entre tres y seis gramos (de 170.000 a 320.000 semillas por kilogramo).

3.5.3. Contenido de humedad de la semilla

Moreno (1984), define que el contenido de humedad es la cantidad de agua que contienen las semillas, expresándose en porcentaje. Esta se puede calcular con base al peso húmedo o seco de la muestra. En investigación frecuentemente se usa el contenido con base en peso seco.

El mismo autor menciona que la humedad es el factor más importante que favorece el deterioro de las semillas, algunas semillas son cosechadas con altos contenidos de humedad que hay que reducir de inmediato mediante secado para evitar deterioros así como la proliferación de hongos e insectos en almacenamiento.

Álvarez y Verona (1988), indican que el contenido de humedad de la semilla es sumamente necesario para saber si esta fue cosechada a su tiempo, si ha sido correctamente manipulada y si puede ser almacenada sin riesgo de deterioro. Además sirve para uniformar el contenido de humedad y comparar la masa de la semilla con humedad.

3.6. Tratamientos pre - germinativos

Padilla *et al.* (1983), mencionan que, los tratamientos para eliminar la latencia son: estratificación, escarificación, lixiviación, combinaciones de tratamientos, hormonas y otros tipos de estimulantes químicos.

Patiño *et al.* (1983), también explican que para terminar con la latencia, algunas semillas necesitan estar húmedas y a bajas temperaturas por un largo periodo de tiempo, estas condiciones se podrían cumplir en lugares donde cae nieve en invierno. En zonas áridas en ciertas especies, las semillas solo germinan si se presenta una lluvia lo suficientemente abundante para asegurar el establecimiento de las plántulas. Otras especies requieren de iluminación para germinar, evitando así que el proceso se desarrolle cuando las semillas están enterradas profundamente o son sombreadas por otras plantas.

Villanueva (1995), explica que lo que se pretende alcanzar con la aplicación de tratamientos pre- germinativos a las semillas es ablandar la testa y permitir de este modo la penetración de agua y el intercambio de gases responsables para la germinación, por lo tanto los tratamientos pre- germinativos tienen por objeto:

- Quebrar la dormancia o latencia.
- Acelerar la germinación.
- Homogeneizar la germinación.
- Aumentar el porcentaje de germinación.

Es claro que la aplicación de tratamientos pre- germinativos por cualquiera que los practique es más o menos similar, lo que varía son los tiempos e insumos utilizados, esta situación será un tanto difícil de uniformizar, primero porque generalmente se utilizan los recursos y medios existentes en el lugar y lo más importante, los factores ambientales son particulares en cada situación, lo cual tienen su incidencia.

Sandoval (1997), indica que, las semillas deben sumergirse en agua a temperatura normal por un periodo de 24 a 46 horas, algunas especies quizás requieran más tiempo. Se debe cambiar el agua a diario.

Sandova (1997), agrega también que el proceso de estratificación consiste en preparar la semilla en un sustrato húmedo por un lapso de tiempo determinado hasta que la testa ablande y el embrión empiece a hincharse. El sustrato puede ser arena pura, una mezcla de arena de 50% arena y 50% tierra negra, aserrín o musgo, y que la estratificación puede ser de dos maneras. Estratificación a temperatura ambiente y estratificación en frío.

3.7. Propiedades internas de la semilla

3.7.1. Viabilidad

Zalles (1988), define la viabilidad como la capacidad potencial que posee una semilla para germinar. Esta capacidad depende por un lado del estado de madurez de la semilla y por otro de su capacidad que significa tamaño, color, contenido de humedad, etc.

Mesón y Montoya (1993), mencionan con respecto a la viabilidad y practican diversos tipos de ensayo para determinar este dato fundamental, desde los ensayos en germinadora, a las pruebas de campo o a las tinciones con productos que solamente tiñen los tejidos vivos, a veces basta con cortarlas, para conocer si esta viva o no, el

sabor puede ser muy ilustrativo, así como el color, a veces simplemente el aspecto interior.

3.7.2. Germinación y emergencia

Carl (1980), define la germinación a la historia de una semilla que solo queda completa cuando esta ha germinado y la plántula ha quedado establecida. Germinación es la reanudación del crecimiento del embrión y termina al aparecer la radícula al exterior de la cubierta seminal, el establecimiento ha recibido varias definiciones pero aquí entendemos por tal el periodo que empieza al final de la germinación y termina cuando la plántula se independiza del alimento acumulado en la semilla.

Gómez (1972), define a la germinación de una semilla como: “la emergencia y el desarrollo a partir del embrión, de todas aquellas estructuras esenciales, siendo indicativas de su habilidad para producir una planta normal bajo condiciones favorables”.

Duffus y Slaughter (1985), indican que la germinación es un proceso de cambio, de una pequeña estructura inactiva viviendo con abastecimiento mínimo, a una planta que crece activamente, destinada a llegar a ser autosuficiente antes de que los materiales de reserva de la semilla se terminen. La germinación esta compuesta por dos fases:

- Inicio del metabolismo activo en el embrión, seguido rápidamente por el crecimiento y diferenciación del embrión, apoyado por la utilización de materiales de reserva embrionica inmediata.
- Crecimiento continuo del embrión, apoyado por el flujo de productos de la hidrólisis de los cotiledones o reserva alimenticia extraembrionaria tal como el endospermo, esta fase continua hasta que la planta se establece como un organismo fotosintético o muere por haberse terminado la reserva alimenticia.

Fernández y Almora (1989) describen a la germinación como el fenómeno por el cual una semilla ubicada en condiciones favorables, es capaz de dar a partir de su embrión una postura.

Zalles (1988), indica que para un ensayo de germinación de un lote de semillas se toman 400 semillas, para efectuar repeticiones según el tamaño se organizan 4 grupos de 100 y 8 grupos de 50 y 16 grupos de 25 semillas.

Lamprecht (1990), menciona que la germinación de *Cupressus* se produce en un lapso de 35 días y que durante las primeras semanas las plántulas no deben ser expuestas a insolación extrema.

3.7.3. Energía germinativa

Maldonado (1926), señala que cuando se siembra una cantidad dada de grano no todos ellos son fértiles, variando de una especie a otra el tanto por ciento normal de semillas útiles. A esta facultad que como se decía antes es específica, se le llama vulgarmente energía germinativa. La propiedad germinativa es decir el tiempo durante el cual las semillas conservan la facultad de reproducir la especie varía también dentro de límites extensos, en el caso de *Cupressus* de dos a tres años.

Ramos (1990), indica que la energía germinativa, se refiere al porcentaje de semilla en la muestra que han germinado durante una prueba hasta el momento en que la cantidad de semilla que germina por día a llegado a su máximo, se entiende también como la rapidez de germinación de un periodo fijo el cual se denomina periodo energético.

William (1991), menciona a Foro y Robertson, (1977), los cuales definen que la energía germinativa (1) como el porcentaje, en número, de semillas de una muestra determinada que germinan dentro de un período determinado (que se denomina el período de energía) por ejemplo en siete o catorce días, en optimas o determinadas

condiciones (2), el porcentaje en número de semillas de una muestra determinada que germinan hasta llegar el momento de germinación máxima, que generalmente significa el número máximo de germinación en 24 horas.

3.7.4 Valor de germinación

Lamprecht (1990), Menciona que mediante el almacenamiento en seco es posible mantener durante un año una capacidad germinativa de aproximadamente 75 %. Si la semilla se almacena a 4 °C su viabilidad se mantiene por varios años.

Czabator (1962), citado por William (1991), conceptúa al valor de germinación como aquel que tiene por finalidad combinar en una sola expresión de la germinación total al término del periodo de ensayo y una expresión de la energía o velocidad de la germinación; la germinación total se expresa en forma de germinación diaria media (final), que se calcula como el porcentaje acumulado de días que transcurren desde la siembra hasta el término del ensayo. La velocidad de germinación se expresa en forma de valor máximo que es la germinación diaria media (porcentaje acumulado de germinación de semilla llena dividido por el número de días transcurridos desde la fecha de siembra) que se alcanza en cualquier momento del período de ensayo.

3.7.5 Período de energía

Según ISTA (1973), es el número de días transcurridos desde la siembra hasta el día que se llega a la máxima germinación de un lote de semillas en determinadas condiciones.

3.7.6. Sanidad de la semilla

William (1991), indica que la manipulación deficiente en el bosque, durante el tránsito o durante el procesamiento deteriora fisiológicamente las semillas aun cuando no existan daños mecánicos ni por hongos. No obstante, es necesario evitar recolectar

cosechas que presenten una alta incidencia de ataques de hongos o insectos y efectuar todas las operaciones de recolección, transporte, procesamiento, etc., con la mayor rapidez posible a fin de asegurar que la semilla no resulte ya dañada antes de iniciar el almacenamiento.

Ramos (1990), menciona que antes de almacenar las semillas deben desinfectarse tanto el local donde se van a guardar, como ellas mismas. Las semillas son muy susceptibles al ataque de gorgojos ya sea directamente o a través de los frutos, creando problemas muy serios en los viveros. Cuando estos ataques ocurren temprano antes de la madurez las pérdidas pueden ser inevitables.

3.8 Sustratos

Duran (1980), indica que la arena o tierra deben esterilizarse antes de usarlos como medio de germinación, para destruir hongos, bacterias y semillas de malezas, en algunos laboratorios se usa mica expandida y musgo turboso granulado, bien sea seco o mezclado con arena o tierra especialmente para pruebas que requieren periodos largos de enfriamiento previo o que son de larga duración.

Padilla *et al.* (1983), mencionan que durante todo el período de prueba se debe proporcionar a las semillas una humedad adecuada, la humedad del sustrato nunca deberá ser tal que rodee a las semillas en una película invisible de agua, la humedad excesiva puede ocasionar una restricción en la respiración y detener la germinación de la semilla, también puede ocasionar cierto tipo de desarrollo anormal, tal como la ausencia de los pelos radicales y la producción de plántulas transparentes o vidriosas.

Ayanz (1985), menciona que el recubrimiento muy superficial de las semillas con turba es muy beneficioso, porque favorece la retención de humedad y permite la iluminación de las semillas que con los riegos, van quedando alternativamente expuestas a la luz; sin embargo, si la profundidad de enterrado es mayor, el agua

finamente dividida del riego no es capaz de desenterrar a las semillas y el porcentaje de germinación desciende mucho.

Fernández *et al.* (1989), señalan que se prefiere suelos aluviales arcillo arenosos ya que tiene buenas condiciones físicas, aspecto muy importante a considerar. Igualmente la textura y el contenido de materia orgánica determinan la plasticidad y poder de retención de humedad.

3.8.1. Importancia de la Biodiversidad en el suelo

De acuerdo a Brady y Weil (1999), el suelo sano contiene diversos microorganismos, mesofauna y raíces de plantas o hierbas asociadas con su sistema, dinámica de intercambios nutricionales y flujos energéticos. Esta composición del suelo se refiere como la biodiversidad, una gran diversidad que da vida al suelo. Un suelo sano es la complejidad de los seres vivos pequeños junto con su alimentación, su hospedaje, sus comunidades y su medio ambiente especial, que trabaja armoniosamente en un sistema completo.

Shintani *et al.* (2000), indican que, si se pierde la materia orgánica, se pierde la biodiversidad. La materia orgánica es la alimentación que sostiene la biodiversidad y sin ella, la biodiversidad está limitada. Esto promueve la especialización de los microorganismos agresivos causando los daños patogénicos como *fusarium*. Esta pérdida de biodiversidad trae otras consecuencias al cultivo y se niega los beneficios al cultivo que son difíciles a reemplazar.

3.8.2. Materia orgánica del suelo

La Soil Science of América, según Fassbender (1987), define la materia orgánica como la fracción orgánica del suelo que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo y sustancias producidas por los habitantes del suelo.

Según Primavesi (1987), la materia orgánica determina la productividad a largo plazo en el suelo. La materia orgánica le da al suelo:

- Sustancias que agregan texturas, y le dan una bioestructura estable ante la acción de las lluvias
- Ácidos orgánicos y alcoholes, que durante su descomposición sirven de fuente de carbono para los microorganismos no patogénicos y fijadores de nitrógeno.
- Alimento a los microorganismos activos en la descomposición, los cuales producen antibióticos que protegen a las plantas de plagas.
- Sustancias intermedias producidas en la descomposición, que pueden ser absorbidas por las plantas.

Todo esto hace resaltar la importancia de mantener una proporción adecuada de materia orgánica para el cumplimiento de todas estas interacciones y beneficios obtenidos a partir de la misma.

Chilon (1996), define como materia orgánica del suelo al producto de la pre-descomposición y descomposición de biomasa vegetal, biomasa animal y biomasa microbiana y el humus.

3.8.2.1 Composición de la materia orgánica del suelo.

Shintani (2000), indica que la materia orgánica del suelo esta compuesta por residuos de plantas, animales y microorganismos que han muerto en ese suelo. La descomposición de estos residuos, especialmente los que contienen lignina, dan origen al humus. El humus es de gran importancia en el suelo porque posee nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y micro nutrientes. Además los ácidos poliúricos, que son producto intermedio en la formación de humus, son los responsables de mantener la estructura en el suelo.

Patrick (1996) y Cepeda (1991), señalan que, la materia vegetal esta compuesta de carbohidratos, proteínas y grasas, cantidades menores de ligninas, ceras y resinas.

Los carbohidratos están compuestos de almidona, hemicelulosa y celulosa, que luego la flora y fauna del suelo los utilizan como fuente de energía.

En el Cuadro 2 se muestra la composición de un tejido vegetal maduro y su porcentaje en la materia orgánica del suelo.

Cuadro 2: Composición porcentual del tejido vegetal maduro y la materia orgánica del suelo.

Componente	En el tejido vegetal %	En la materia orgánica del suelo %
Celulosa	20 - 50	2-10
Hemicelulosa	10 - 30	0 – 2
Lignina	10 - 30	35 – 50
Proteína	1 -15	28 – 35
Grasas, ceras	1 - 8	1 – 8

Fuente: Coca, (1995).

3.8.2.2 Descomposición de la materia orgánica del suelo.

Los microorganismos de acuerdo a Cepeda (1991), pasan a formar parte de los productos que de manera parcial o completa han resistido la degradación. La mayor resistencia de estos materiales frena la descomposición pero no la detiene. Existe entonces, una liberación lenta y continua de los nutrimentos por la degradación del humus. Además, la descomposición del humus y su restauración anual equivalen a la misma cantidad. Por ejemplo si en un año se descompone 5 t/ ha de humus, esta misma cantidad se forma en el suelo ese mismo año.

Coca (1995), señala que la materia orgánica que sufre una mineralización y humificación, da lugar a elementos o compuestos minerales y por otro lado a la formación de humus.

a) Mineralización

Chilon (1996), dice que la mineralización es el proceso de transformación microbial de la materia orgánica incorporada al suelo en nutrientes minerales para la planta.

Sastriques (1982), señala que la materia orgánica fresca es atacada por organismos clasificados de acuerdo a su hábito alimenticio, como ser saprófagos, fitófagos y depredadores. Estos promueven el fraccionamiento o rompimiento mecánico de los materiales volviéndolos más susceptibles al ataque microbiano al liberar el ataque celular.

Yufera y Carrasco (1973), se refieren a la mineralización de la materia orgánica como a la formación de compuestos minerales solubles como ser fosfatos, sulfatos y nitratos y gases como el oxígeno y amoníaco. Se forman a partir de la materia orgánica humificada o no, por la acción de los microorganismos particularmente activos. Para estos existen dos tipos de mineralización, una primaria que ataca a la materia orgánica fresca, que todavía no está en contacto con el suelo y una mineralización secundaria de los compuestos húmicos. Esta es más lenta que la primaria, porque los enlaces que contrae el humus con los compuestos minerales, retardan los procesos de mineralización.

b) Velocidad y tiempo de descomposición

Stevenson (1982), señala que el aporte más común de residuos al suelo ocurre en forma de materia vegetal cuya composición de celulosa, lignina, proteínas, lípidos y pigmentos determinara una mayor o menor velocidad de degradación. La degradación depende directamente de las condiciones ambientales en las que se procesa.

Alexander (1981), menciona que, la velocidad de descomposición de la materia orgánica del suelo está regida por el tamaño de las partículas orgánicas sujetas al

ataque de los microorganismos del suelo, así, las partículas más pequeñas son degradados más fácilmente que las de mayor tamaño.

Tisdale y Nelson (1988), indican que, el tiempo de descomposición de los materiales orgánicos en el suelo, varía según la relación carbón/ nitrógeno. Esta debe ser menor a 17 para que exista mineralización de la materia orgánica. Por ejemplo para que la relación carbón/ nitrógeno en una planta se reduzca de 60 a 17, se calcula que se necesita de 4 a 8 semanas en el suelo.

3.9 Humus

3.9.1 Definición

El humus, según Chilon (1996), es la base de la fertilidad del suelo porque influye en las características físicas químicas y biológicas del mismo. Según La Soil Science of America, citada por Fassbender (1987), define al humus como la fracción más o menos estable de la materia orgánica del suelo.

Esta se obtiene después de que ha sido descompuesta la mayor parte de las sustancias vegetales o animales añadidas al suelo. Para García (1982), es un compuesto no definido químicamente, que proviene de la descomposición de restos vegetales y animales por los microorganismos del suelo.

Cepeda (1991), menciona que los compuestos menos accesibles a la degradación microbiana como ser lignina, grasas, ceras, hidratos de carbono y componentes proteicos son convertidos en polímeros. Estos son difíciles de definir químicamente, permanecen más tiempo en el suelo en forma orgánica, a estos se denomina humus.

3.9.1.1 Humificación

Chilon (1996), dice la humificación es un conjunto de procesos bastante rápidos realizados por todo tipo de microorganismos (aerobios y anaerobios) y que conducen a la formación de humus.

Yufero y Carrasco (1973), indican que la humificación es la transformación biológica de los restos vegetales de cualquier naturaleza que da origen al humus. Desaparece la materia vegetal que en general, se divide mecánicamente o es enterrada en los horizontes minerales por la actividad animal (lombrices) y es atacada muy rápidamente por las bacterias y por los hongos del suelo.

Chilon (1996), refiere que cuando la materia orgánica es humificada, se logran los siguientes beneficios:

- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico
- Aumenta el poder amortiguador del suelo, que previene las variaciones bruscas de pH
- Aumenta el contenido de sustancias como los fenoles. Un heterocondensado de sustancias fenólicas contribuye a la respiración, a una mejor absorción del fósforo y la sanidad vegetal.
- Provee una gran biodiversidad microbiana y mesofáunica que da estabilidad al sistema de suelos.

Fassbender (1987) describe que por el proceso de humificación, se forman en el suelo productos no definidos, estables, de color oscuro, denominados ácidos húmicos.

3.9.1.2 Componentes orgánicos del humus

Fassbender (1987) dice que los ácidos húmicos se clasifican tomando como base su solubilidad en diferentes solventes, así los más importantes son los ácidos fúlvicos y los ácidos húmicos.

Ácidos fúlvicos

- a) Stevenson (1982), define la fracción de ácidos fúlvicos como sustancias solubles en bases, pero que permanecen en la solución después de la acidificación del extracto.

Schnitzer (1978), menciona que el criterio de solubilidad en medio ácido no corresponde a la definición adoptada por los químicos, que definen a los ácidos fúlvicos como sustancias extraídas con solventes orgánicos.

b) Ácidos húmicos.

Kononova (1982) denominó a los ácidos húmicos, como la fracción extraída por soluciones de NaOH en forma de humatos, humato de Na, K, NH_3 y precipitados de la solución alcalina por ácidos fuertes.

Angers (1995), definió a los ácidos húmicos como sustancias amorfas de color oscuro extraídas de los horizontes superficiales de los suelos minerales por soluciones alcalinas, a temperaturas ambientes y precipitados de estos extractos por adición de ácidos minerales

Fassbender (1987), menciona que existen dos tipos de ácidos, húmicos, los grises y los pardos. Los ácidos húmicos pardos son menos flocosos y más pobres en nitrógeno que los grises

3.10 Fertilización Orgánica

3.10.1 Homogeneidad de los materiales

Shintani (2000_a), señala que cuanto más homogéneo sea el tamaño de las partículas de los materiales que se utilizan en los abonos, mejor será la calidad del producto final. El tiempo para que el abono este listo se puede reducir con ello de unos ocho a diez días. Para mejorar la homogeneidad de algunos materiales, estos se pueden triturar o picar con un molino de martillo

3.10.2 Humedad

Shintani y Tabora (1999), recomiendan que no hay que olvidar que la elaboración de estos abonos es aeróbica y por lo tanto hay que cuidar el agua. Lo cual no debe saturar la mezcla final con más de un 45 % de humedad. De lo contrario el abono tiende a una putrefacción (con presencia de malos olores), disminuyendo así notoriamente su calidad. Después de su preparación inicial, en ninguna etapa del proceso debe agregarse agua a la mezcla

3.10.3 Tipo de tierra

Según Hansen *et al.* (1995), en muchos casos, la tierra puede ocupar hasta una tercera parte del volumen total de los abonos. Entre otras, la tierra tiene la función de darles una mayor homogeneidad física al abono y distribuir su humedad, además puede ser un medio propicio y de inóculo para el desarrollo de la actividad microbiológica de la mezcla. En muchos casos los abonos se pueden elaborar sin la misma, lo que permite tener abonos de nutrición más concentrada. Es bueno recordar que cuanto más seca este la tierra que utilicemos en la elaboración de los abonos, mejor podrá realizarse el control, de la humedad final (prueba del puño).

3.11 Nutrientes esenciales

De acuerdo a Bertsch (1995), existen 16 nutrientes que se consideran esenciales para el desarrollo vegetal. Un nutriente es esencial para una planta cuando cumple con las siguientes tres condiciones:

- Su ausencia reduce drásticamente el crecimiento.
- Su ausencia produce síntomas visuales
- Los síntomas son superables con el suministro del nutriente.

Chilon (1996), indica que del suelo la planta absorbe como elementos mayores, o sea, en grandes cantidades, el N y el K. Aunque el P se incluye dentro de este grupo de mayores porque se aplica en grandes cantidades, no es en realidad consumido por la planta en gran magnitud, sino que su uso en el suelo resulta muy ineficiente.

El mismo autor menciona que elementos medios se consideran el Ca, el Mg y el S, y como elementos esenciales en pequeñas cantidades, o sea clasificados como oligoelementos o micro nutrientes, están: Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo y Cl.

3.11.1 Funciones de los nutrientes en las plantas

3.11.1.1 Nitrógeno

Bertsch (1995), señala que, el nitrógeno es el componente fundamental de todas las moléculas orgánicas involucradas en los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal: aminoácidos (proteínas estructurales y enzimas), ácidos nucleicos, clorofila, citocromos coenzimas, hormonas y otros compuestos nitrogenados con funciones variadas (Ureidos, amidas alcaloides)

Bertsch (1995), también menciona los efectos que el nitrógeno causa en las plantas:

- Acentúa el color verde de las hojas.
- Confiere succulencia a los tejidos.
- Favorece el desarrollo exuberante del follaje
- Puede aumentar la susceptibilidad a las plagas y enfermedades.
- Aumenta el tenor de la proteína
- Propicia el volcamiento
- Alarga el ciclo vegetativo de los cultivos
- Retraza la maduración de los frutos.

3.11.1.2 Fósforo

Chilon (1996), menciona que el fósforo forma parte de la molécula transportadora de alta energía ATP, por lo tanto participa en todos los procesos metabólicos que involucran energía. Estructuralmente forma parte de los fosfolípidos de las membranas celulares de los ácidos nucleicos de la mayoría de las enzimas y coenzimas NAD y NADP, por lo que participa en la fotosíntesis, en la glicólisis en la respiración, en la síntesis de ácidos grasos y en la síntesis de las proteínas especialmente nucleoproteínas en los tejidos meristemáticos.

Bertsch (1995), menciona que el ácido fítico (Hexafosfato de inositol) almacenado en las semillas es la principal fuente de fosfato inorgánico durante la germinación.

Bertsch (1995), menciona también que el fósforo tiene la siguiente acción sobre las plantas:

- Fomenta y acelera el desarrollo de las raíces
- Aumenta el desarrollo de renuevos
- Aumenta la fructificación
- Apresura la maduración de frutos
- Participa en la maduración de semillas
- Evita el acame o volteamiento

- Aumenta el tenor de carbohidratos aceites, grasas y proteínas
- Aumenta la resistencia a enfermedades
- Participa en la fijación simbiótica del N.

3.11.1.3 Potasio

Chilon (1996), menciona que en su totalidad se encuentra en forma iónica y móvil dentro de la planta. Participa en casi todos los procesos, respiración, fotosíntesis, aparición de clorofila, pero no tiene un papel específico. Se le confiere una participación muy activa en la regulación osmótica e hídrica de la planta, en el mantenimiento de la electroneutralidad celular y la permeabilidad de las membranas.

Bertsch (1995), refiere que, el P causa en las plantas:

- Incrementa la eficacia en la elaboración y movilización de azúcares y almidones.
- Estimula el llenado de granos.
- Mejora la calidad de los productos.
- Mantiene la turgencia de las plantas.
- Evita los efectos severos de la sequía y de las heladas.
- Aumenta la resistencia a enfermedades y plagas.
- Reduce el volcamiento.
- Ayuda a la fijación simbiótica del N..

3.11.1.4 Calcio

Bertsch (1995), manifiesta que, el principal papel del calcio es estructural, porque constituye como pectatos de calcio, en las láminas medias, la parte cementante de las paredes celulares. Participa en la formación de las membranas celulares y de estructuras lipídicas, y tal vez en el transporte de glúcidos. Es necesario en pequeñas

cantidades para la mitosis en las zonas meristemáticas pues confiere estabilidad al aparato estructural durante la división celular. Actúa como activador de enzimas y se relaciona con la nodulación y la fijación de N. Los efectos que causa el Ca en las plantas son.

- Proporciona rigidez.
- Fomenta el desarrollo de raíces.
- Aumenta la resistencia a la penetración de enfermedades y plagas.
- Favorece el cuaje de las flores.
- Impulsa la producción de semillas.
- Desintoxica.
- Ayuda en la fijación simbiótica del nitrógeno..

3.11.1.5 Magnesio

Bertsch (1995), explica que forme parte de la molécula de clorofila, por lo tanto es determinante sobre la fotosíntesis. Participa en gran medida en el balance electrolítico dentro de la planta, y como activador enzimáticos, especialmente en reacciones de fosforilación de ATP en el metabolismo de los azúcares y en la síntesis de ácidos nucleicos, y por lo tanto también en la síntesis de proteínas. Los efectos que causa el Mg en las plantas son:

- Produce el color verde.
- Ayuda en la absorción de P.

3.11.1.6 Azufre

Bertsch (1995), indica que, el azufre forma parte de las proteínas como integrante de los aminoácidos azufrados cistina cisterna y metioninas. Es constituyente de algunas enzimas, de algunas vitaminas (Tiamina y biotina) y de la coenzima A, que participan en el metabolismo de los azúcares grasas y proteicas. Muchas especies vegetales contienen pequeñas cantidades de compuestos azufrados volátiles (sulfoxidos)

responsables del factor lacrimógeno de las cebollas y el olor de los ajos. Los efectos que causa el azufre en las plantas son los siguientes:

- Aumenta el crecimiento vegetativo y la fructificación
- Estimula el crecimiento de la raíz
- Propicia la formación de semilla
- Aumenta el tenor de carbohidratos, aceites, grasas y proteínas.

3.12 Propiedades químicas

3.12.1 Relación Carbono: Nitrógeno (C/ N).

Pullido (1989), señala que, la relación C/N es un a medida del grado de humificación de la materia orgánica incorporada al suelo expresa también que si la relación C/N en le rastrojo incorporado es elevada mayor a 33, existe inmovilización del nitrógeno existente en el suelo. Sucede que los nutrimentos orgánicos liberados en la mineralización son consumidos por .los microorganismos en vez de ser liberados al suelo. Si la relación C/N es menor que 15, se produce una mineralización del nitrógeno, se libera el nitrógeno al suelo en forma de ion NH_4 e ion NH_3 de la materia orgánica descompuesta.

Camacho (1986), explica que, la relación C/N da la información sobre el contenido de nitrógeno del humus.

Vera (1993), menciona que a medida que la materia orgánica es atacada y descompuesta por los microorganismos la relación C/N desciende hasta acercarse al valor normal del humus que es 10/ 1.

La capacidad de intercambio catiónico para Moraes y Rober (1993), es una característica de los suelos que informa de la capacidad de retención de nutrientes

de las plantas (Ca, Mg, K, NH₄) contra las pérdidas por lixiviación. Una CIC alta se asocia también a una fertilidad natural.

Coca (1995), señala que, el proceso reversible por el cual las partículas del suelo adsorben cationes de la fase acuosa y liberan, al mismo tiempo, cantidades equivalentes de otros cationes, estableciéndose un equilibrio entre ambas fases, se denomina capacidad de intercambio catiónico.

Vickery (1982), menciona que, el complejo de intercambio catiónico actúa como un almacén de nutrientes vegetales y la concentración total de los cationes disponibles para las plantas es la suma de los cationes presentes en la solución del suelo y aquellos retenidos en el complejo de intercambio

Chilón (1996), indica que, esta propiedad es muy importante en la fertilización y nutrición mineral de las plantas. Constituye un índice de la fertilidad potencial del suelo. Se expresa en meq/ 100 gr de suelo o en cmol/ kg de suelo.

3.12.2 pH

Bertsch (1995), explica que a reacción del suelo o pH es una propiedad química del suelo muy importante de conocer especialmente por su carácter orientador sobre el comportamiento del suelo. Ejerce influencia directa sobre las características químicas, físicas y biológicas del suelo.

La misma autora menciona que químicamente el pH afecta:

- La solubilización, disponibilidad y absorción de algunos nutrimentos en el suelo (Ca, Mg, K, P, menores).
- El % de saturación de bases y el % de saturación de acidez.
- La generación de carga variable, y por lo tanto la CIC y la CIA.

Y biológicamente actúa sobre:

- Los tipos de organismos presentes y su actividad. A pH menores de 5.5 la actividad de las bacterias y actinomicetes es baja: los hongos son más adaptables y se desarrollan en un rango de pH más amplio, hasta soportar pH más ácidos.
- El desarrollo vegetal de las plantas. A pH inferiores a 4, se producen trastornos en el sistema radical por efectos directos del ión H⁺.
- Los requerimientos específicos genéticos de pH de cada planta.

De acuerdo a Stewart y Guerrero (2003), el rango de pH tolerado por las bacterias es generalmente amplio, aunque existen grupos que pueden sobrevivir en condiciones extremas. Sin embargo, es recomendable que se mantenga un pH cercano al neutro pues asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos

3.13 Fertilizante orgánico EM Bokashi (Abono orgánico fermentado)

Según APNAN (Asia /Pacific Natural Agricultura Network 1999), (Manual de Agricultura Natural Kyusei), fue el profesor Tereuo Higa quien introdujo el concepto de los Microorganismos efectivos EM a dicho tipo de agricultura. Así un grupo de microorganismos benéficos eran cultivados y utilizados como medio para mejorar las condiciones del suelo, suprimiendo los organismos productores de enfermedades, y aumentando la eficiencia de la utilización de la materia orgánica por parte de los cultivos.

De acuerdo al mismo artículo citado por la Red de Agricultura natural del Asia/ Pacífico (APNAN 1999), en su objetivo primario se ha establecido una red internacional de científicos en la región de Asia/ Pacífico, para promover la investigación, las prácticas educativas y las tecnologías basadas en los principios del Kyusei Natural Farming y en las tecnologías de los microorganismos efectivos (EM)

Shintani (2000), señala que Bokashi, nombre de origen japonés, cuyo significado es “fermentación suave”, actualmente es uno de los abonos orgánicos más usados, es rápido de hacer, pues su elaboración requiere de ocho a diez días según las condiciones ambientales los permitan.

Para Formowitz (2003), el Bokashi es equivalente al compost, pero es preparado mediante la fermentación de la materia orgánica con EM. Puede utilizarse a partir de los 3 a 14 días de tratamiento (fermentación). El Bokashi puede ser utilizado en cultivos aun cuando la materia orgánica no se haya descompuesto como el compost. Al aplicar Bokashi al suelo, la materia orgánica puede servir de alimento para la reproducción de microorganismos, así como para suministrar nutrientes a los cultivos.

3.13.1 Preparación de Bokashi

Soto, *et al.* (1998), indican que tradicionalmente el Bokashi se ha realizado fermentando materiales orgánicos como ser el salvado de arroz provenientes de bosques o montañas que contenían variados tipos de microorganismos, pero en la actualidad se utilizan en reemplazo el EM.

Según EARTH (Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda 2000), su obtención se da a partir de diferentes materiales; para el caso de la planta de Bokashi de Finca Agrocomercial EARTH, la materia prima la compone pinzote de banano, banano de rechazo triturado y aserrín más EM activado. A diferencia del compost, este tiene más microorganismos eficientes y energía. El proceso de producción es relativamente corto ya que toma entre 14 a 24 días después del tratamiento (fermentación), e inclusive no hay problema al ser utilizado en la producción de cultivos, aún cuando la materia orgánica no se encuentra totalmente descompuesta como en el compost.

Higa (1995_b), dice que cualquiera de estos materiales se podría utilizar para la fabricación de Bokashi: salvado de arroz salvado de trigo, salvado de maíz. Harina

de maíz arroz partido, desechos de arroz, malezas desmenuzadas, fibra de coco, residuos de cultivos, harina de hueso, basura domiciliaria, desechos de animales, aserrín, etc. De todas maneras el aserrín o salvado de arroz se recomienda como un ingrediente importante a la hora de preparar el Bokashi, por contener excelentes nutrientes para los microorganismos.

Para Shintani y Tabora (1999), es recomendable combinar materia orgánica que posea altos y bajos niveles de carbono y nitrógeno. Generalmente se aconseja el uso de por lo menos tres tipos de materia orgánica distintas para garantizar la diversidad microbiana. Agregar madera, carbón, zeolita, pasto o aserrín es recomendable, dado que estos materiales mejoran las condiciones físicas de los suelos y su capacidad de retener nutrientes. Además actúan como punto de concentración (harbouring) para los microorganismos eficientes.

Soto *et al.* (1998), recomiendan que la cantidad de líquido a agregar dependerá del tipo de materiales utilizados. Lo ideal es agregar el volumen de líquido necesario para humedecer el material, sin que este llegue a drenar líquido.

APNAN (Asia Pacific Natural Agricultura Network 1999), menciona que una gran ventaja sobre la elaboración de EM Bokashi es que no tiene que estar compuesto por una receta con ingredientes específicos, lo que permite la alternativa de búsqueda de otra materia prima en zonas donde la producción de ciertos cultivos es limitada debido a la influencia de los factores climáticos. El EM Bokashi puede ser elaborado con residuos de cosechas de cultivos como banano, bagazo de caña, desecho de frijol, fibra de coco, desechos de procesamientos, y a la vez permite usar otros residuos como estiércol de cualquier animal, residuos de alimentos.

EARTH (Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda 2000), recomienda que en la preparación de EM Bokashi las temperaturas sean relativamente altas, (35°C – 40°C) para asegurar que mueran los microorganismos patógenos.

3.13.1.1 Bokashi aeróbico y anaeróbico

Según APNAN (1999), existen dos tipos de Bokashi: aeróbico y anaeróbico. Su diferencia radica el proceso de manufactura. Para la elaboración de Bokashi anaeróbico, la mezcla se aísla de tal forma que no tenga contacto con el aire ni penetración directa de luz, de esta manera el proceso de fermentación es alcanzado en mayor tiempo. El Bokashi aeróbico por el contrario necesita de volteos o aire inyectado para que el material tenga contacto con oxígeno, de esta manera los microorganismos aeróbicos disponen de oxígeno en suficientes cantidades para descomponer la materia en menor tiempo. A continuación se presentan las ventajas y desventajas de cada método:

- **Bokashi aeróbico**

Ventajas: Se puede producir a gran escala. El período de fermentación ocurre en un lapso más corto comparado con el anaeróbico.

Desventajas: Si no se controla la temperatura durante el proceso de fermentación, se puede perder la energía de la materia orgánica.

- **Bokashi anaeróbico**

Ventajas: Mantiene la energía (nutrición) de la materia orgánica, se asemeja a la condición de ensilaje.

Desventaja: Mal manejo ocasiona deterioro

Shintani *et al.* (2000), dice que, el Bokashi anaeróbico mantiene la energía total de la materia orgánica sin necesidad de realizar un volteo de la pila para airear, lo que reduce considerablemente los costos de producción. Además, dependiendo del uso y origen de las materias primas, estas pueden ser utilizadas como alimento fermentado para el ganado

El mismo autor menciona también que el inconveniente de producir Bokashi anaeróbico es que las materias primas deben ser de alta calidad; como torta de

soya, harina de pescado ó semolina, usados por tradición en países de Asia. Al ser usados estos insumos para la alimentación animal, involucran un costo de oportunidad.

Higa y Parr (1994), establecen que el Bokashi, puede clasificarse como Bokashi aerobio y Bokashi anaeróbico. Esta clasificación se basa en el método de elaboración. Las ventajas de estos dos tipos de Bokashi son similares a las mencionadas anteriormente, pero entre las desventajas mencionadas está la energía de la materia orgánica que se puede perder por las altas temperaturas durante el proceso de fermentación y el material puede pudrirse, si el proceso no es manejado adecuadamente. Hay que revolver la masa de materiales regularmente para su aireación. Este trabajo requiere de mano de obra.

Según EARTH (Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda 2000), las ventajas de EM Bokashi anaerobio está en que mantiene la energía (valor nutricional) de la materia orgánica. No se necesita revolver para su aeración. Poco riesgo de contaminación. El producto final puede utilizarse también como alimento para ganado. Las desventajas son que se tiene que utilizar solo materia orgánica de buena calidad y pulverizada como la semolilla de arroz, harina de pescado o hueso y torta de soya, El proceso de fermentación es más lento que el aeróbico.

3.13.2 Utilización de Microorganismos Benéficos EM

Según EARTH (Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda 2000), los microorganismos efectivos o EM, son una cultura mixta de microorganismos benéficos (fundamentalmente bacterias fotosintéticas y productoras de ácido láctico, levaduras, actinomicetes y hongos fermentadores), que pueden aplicarse como inoculante para incrementar la actividad microbiana en los suelos. Estos a su vez aumentan la calidad y la salud de los suelos, lo que a su vez aumenta el crecimiento, la calidad y el rendimiento de los cultivos.

Higa (1994a.), explica que ha seleccionado y aislado diferentes tipos de microorganismos con capacidad de desarrollar efectos benéficos en suelos y plantas, lo que le permitió hallar diversos microorganismos que pueden coexistir en culturas mixtas y que son fisiológicamente compatibles unos con otros. Cuando estas culturas son introducidas en el medio ambiente, sus efectos benéficos individuales se ven aumentados significativamente de una manera sinérgica.

3.13.3 Principales microorganismos en el EM, y sus acciones en los suelos

Según EARTH (Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda 2000), cada una de las especies contenidas en el EM (bacterias fotosintéticas, ácido lácticas, levaduras, actinomicetes, y hongos de fermentación) tiene su propia e importante función. Sin embargo es la bacteria fotosintética el pivote de la tecnología EM, pues soporta las actividades de los otros microorganismos. Las bacterias fotosintéticas utilizan para si mismas varias sustancias producidas por otros microorganismos. Este es el fenómeno que llamamos coexistencia y coprosperidad.

Shintani (2000), menciona que, esta manera, todos los microorganismos que cohabitan en el producto EM, tales como bacterias productoras de ácido láctico, levaduras, actinomicetes, hongos filamentosos y bacterias fotosintéticas, realizan una serie de funciones de gran importancia y beneficio para otros microorganismos benéficos, para las plantas y para el suelo.

Shintani, *et al.* (2000), indican que a medida que el EM va poblando el suelo y se efectúan procesos de interacciones entre los microorganismos que le componen, el ambiente en el suelo mejora considerablemente y ciertos microorganismos de reproducción desequilibrada disminuyen al mismo tiempo. En otras palabras se da un control de microorganismos nocivos y los microorganismos útiles incrementan en cantidad, equilibrando así el suelo.

Higa (1994_a), señala que en resumen, el EM es una mezcla de microorganismos que conviven y coexisten en un medio en común.

3.13.3.1 Bacterias ácido lácticas

Shintani (2000), señala que Bacterias ácido lácticas; producen ácido láctico a partir de azúcares que son sintetizados por las bacterias fotosintéticas y levaduras. El ácido láctico puede suprimir microorganismos nocivos como el *fusarium sp.* Ayuda a solubilizar la cal y el fosfato de roca.

Baltodano y Sotomayor (2002), indican que las bacterias ácido lácticas producen ácidos a partir de azúcares y otros carbohidratos provenientes de las bacterias fotosintéticas y las levaduras. Facilitan la fermentación de materiales tales como la celulosa y los troncos evitando perjuicios similares a los que se originan cuando estos materiales entran en descomposición. Esta bacteria tiene la habilidad de suprimir la propagación de *fusarium* (microorganismo patógeno que produce problemas de enfermedades en los cultivos).

De acuerdo a Higa y Parr (1994), señalan que alimentos como yogurt y encurtidos han sido hechos con bacterias ácido lácticas desde tiempos antiguos. El ácido láctico tiene fuertes componentes esterilizantes que suprimen microorganismos patógenos así como aumenta la descomposición de la materia orgánica como la lignina y la celulosa, al mismo tiempo elimina efectos indeseados de la materia orgánica en putrefacción.

Los mismos autores agregan que las bacterias ácido lácticas tiene la habilidad de reprimir enfermedades como el *fusarium*. Bajo condiciones normales, especies de microorganismos como *fusarium* debilita a las plantas, exponiéndolas a enfermedades y al ataque de plagas como nemátodos. El uso de bacterias ácido lácticas reduce poblaciones de nemátodos y controla el crecimiento y diseminación del *fusarium* y por lo tanto un ambiente más saludable para el cultivo.

Higa (1994_a), cita a algunos microorganismos de éste grupo:

- *Lactobacillus plantarum* (ATCC980)

- *Lactobacillus casei* (ATCC 7469)
- *Streptococcus lactis* (IFO 12007)

3.13.3.2 Levaduras

Shintani (2000), dice que las levaduras degradan proteínas complejas y carbohidratos. Producen sustancias bioactivas (vitaminas, hormonas y enzimas) que pueden estimular el crecimiento y actividad de otras especies EM, así como plantas superiores.

Baltodano y Sotomayor (2002), señalan que las levaduras sintetizan y utilizan las sustancias antimicrobianas que intervienen en el crecimiento de las plantas, a partir de los aminoácidos y azúcares producidos por las bacterias fotosintéticas, así como las de la materia orgánica y de las raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, tales como hormonas y enzimas producidas por las levaduras incrementan la actividad celular y el número de raíces. Sus secreciones son sustratos útiles para ciertos microorganismos efectivos, tales como las bacterias ácido lácticas y los actinomicetes. Higa y Parr, (1994), indican que las levaduras presentes en este grupo de microorganismos eficaces son:

- *Saccharomyces cerevisiae* (IFO 0203)
- *Candida utilis* (IFO 0619)
- Hongos (*fungi*)
- *Aspergillus oryzae* (IFO 5770)
- *Mucor hiemalis* (IFO 8567)

3.13.3.3 Bacterias fotosintéticas

Shintani (2000) indica que las bacterias fotosintéticas; pueden fijar el nitrógeno atmosférico y el bióxido de Carbono en moléculas orgánicas tales como aminoácidos y carbohidratos, también sintetizan sustancias bioactivas. Llevan a cabo una fotosíntesis incompleta, lo cual hace que la planta genere nutrimentos, carbohidratos, aminoácidos, sin necesidad de la luz solar, esto permite que la planta potencialice sus procesos completos las 24 horas del día.

Baltodano y Sotomayor (2002), indican que las bacterias fotosintéticas (Bacteria fototrófica), son microorganismos autosuficientes e independientes. Ellas sintetizan las sustancias útiles producidas por la secreción de las raíces, materia orgánica y gases perjudiciales (como el sulfuro de hidrogeno), utilizando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias benéficas están compuestas por aminoácidos, ácidos nucleicos y azucares, todas ayudan al crecimiento de las plantas.

Higa (1994_a), señala que, los metabolitos producidos por estos microorganismos son absorbidos directamente en las plantas y actúan como sustratos para incrementar poblaciones de microorganismos benéficos. Un ejemplo es el aumento de la micorriza Vesicular Arbuscular (VAM) en la rizósfera por la secreción de compuestos nitrogenados (aminoácidos) por las bacterias fototróficas.

3.13.3.4 Actinomycetos

De acuerdo a Shintani (2000), los actinomycetos; funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos bioestáticos y biocidas). Benefician el crecimiento y actividad del azobacter y de las micorrizas.

Baltodano y Sotomayor (2002), indican que la estructura de los actinomicetes, intermedia entre las bacterias y hongos, produce sustancias antimicrobianas a partir de los aminoácidos y azúcares producidos por las bacterias fotosintéticas y por la materia orgánica. Esas sustancias suprimen hongos dañinos y bacterias patógenas. Los actinomicetes pueden coexistir con la bacteria fotosintética. Así, ambas especies mejoran la calidad de los suelos a través del incremento de la actividad microbiana.

Baltodano y Sotomayor (2002), indican que los hongos de fermentación como *Aspergillus* y el *Penicilina* actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, esteroides y sustancias antimicrobianas.

Higa y Parr (1994), explican que la VAM *micorrizae* mejora la solubilidad de los fosfatos en el suelo, es decir vuelve el fósforo no disponible a disponible para las plantas. VAM también puede coexistir con *Azotobacter* y *Rizobium*, ayudando a incrementar la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo. Las bacterias fotosintéticas presentes en este grupo son:

- *Rhodospseudomonas palustris* (ATCC 17001)
- *Rhodobacter lactis* (IFO 12007).

Higa (1994_a), indica que cuando los actinomicetos cohabitan con bacterias fotosintéticas, su acción purificadora se duplica si se compara a los actinomicetos actuando en forma aislada ya que los actinomicetos son importantes productores de sustancias antibióticas. Según La Fundación Mokita Okada (MOA), (1998), los actinomicetos también auxilian en la acción de azotobacterias y de micorrizas. Los actinomicetos presentes en éste grupo son:

- *Streptomyces albus* (ATCC 3004)
- *Streptomyces*
- *greuseus* (IFO 3358)

Higa y Parr (1994), refieren que generalmente al mencionarse los hongos filamentosos se piensa en putrefacción o degradación, pero a diferencia de estos, el hongo filamentosos usado en EM, es el que se encuentra presente en productos alimenticios fermentados. Este grupo también cohabita con otros microorganismos y en especial es efectivo para el aumento de esteroides dentro del suelo. Por la fuerte capacidad de formación de alcohol y ácidos orgánicos, se previene la aparición de larvas y otros insectos dañinos así como la producción de un gran efecto en la disipación de malos olores.

3.14 Usos generales de EM (Microorganismos efectivos)

Según EMRO (EM Research Organización 2004), EM son las siglas iniciales para microorganismos eficientes, que constan de una combinación de varios microorganismos benéficos tanto aeróbicos como anaeróbicos y que cumplen diferentes funciones. Entre estos se encuentran hongos, levaduras, actinomicetos, bacterias ácido lácticas y fotosintéticas. Todos estos microorganismos existen en la naturaleza en grandes cantidades y se les ha dado uso para el procesamiento de alimentos humanos y comida animal fermentada. Debido a esto, los microorganismos son seguros para seres humanos y animales.

Higa (1995_b), .menciona que, en la actualidad se ha descubierto que el EM tiene otras aplicaciones como la reducción de frecuencia de enfermedades en el hato, del estrés de los animales, del número de moscas, entre otros.

De acuerdo a la Fundación Mokita Okada (MOA) (1998), cuando los EM se desarrollan como una comunidad dentro del suelo, también ocurre lo mismo con los organismos nativos dentro de ese suelo. Por tal razón la microflora se enriquece y el ecosistema microbiano comienza a equilibrarse mientras disminuyen los microorganismos patógenos. Así las enfermedades producidas por los suelos se suprimen por un proceso conocido como "competencia exclusiva". Las raíces de las plantas producen sustancias útiles como carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos y enzimas. Los microorganismos eficientes utilizan este sustrato para desarrollarse. Durante este proceso ellos segregan también sustancias y proveen

aminoácidos, ácidos nucleicos y una gran cantidad de vitaminas y hormonas a las plantas. Por esta razón en estos suelos los microorganismos eficientes y otras bacterias benéficas coexisten e nivel de la rizosfera (área de las raíces) en estado de simbiosis con las plantas. Shintani, (2000), explica que entre los usos comunes de los microorganismos efectivos están:

- Tratamientos presiembra en los suelos.
- Aplicaciones foliares.
- Inoculante para semillas y trasplantes.
- Inoculante para cultivos de vivero y plantas de maceta.
- Inoculante para hortalizas, frutales, vegetales, flores, forrajes, cereales y cultivos inundados como el arroz.
- Inoculante para hacer varios tipos de abonos.
- Inoculante para renovar aguas residuales y agua de superficie contaminada (estanques).

Higa (1994_a), señala que EM ha sido exitosamente usado en diversos campos como el medio ambiente, agricultura, fincas pecuarias, salud humana y en la industria. Aplicado al medio ambiente se tienen las siguientes experiencias:

- Manejo de desechos orgánicos, por ejemplo el tratamiento de desechos de cocina mediante un proceso de fermentación para convertirlos en abonos orgánicos.
- Tratamiento de aguas residuales para hacerles recircular dentro de sistemas pecuarios para propósitos generales de limpieza al igual que tratamientos de aguas negras en sistemas de alcantarillado. Un ejemplo de esto se dio en la biblioteca pública de Gushikawa en Okinawa en donde se implemento un exitoso sistema de reciclaje de aguas usando EM. El EM trató aguas de lavatorios la cual fue transformada en agua pura, en esta no se detectó el *bacillus* del colon.

En resumen, el EM es una mezcla de microorganismos que conviven y coexisten en un medio en común.

Shintani y Tabora (1999), recomiendan que antes de realizar una siembra sobre el suelo abonado, debe esperarse al menos 10 días para que el material se encuentre estabilizado por procesos de fermentación, de esta manera las plantas no tendrán ningún perjuicio por causa del abono.

3.15 Preparación de EM Bokashi aeróbico

Shintani (2000), recomienda que para la preparación del EM Bokashi aeróbico, se pueden seguir los siguientes pasos:

- Pique y mezcle los materiales.
- Disuelva la melaza en agua (Melaza: agua = 1: 100), la mezcla se facilita si se la prepara con agua caliente (40 °C)
- Agregue los EM a la solución de melaza con agua cuando baje la temperatura, si calentó el agua.
- Vierta la mezcla de EM y melaza sobre la materia orgánica y mezcle bien, agregue en una forma gradual y mezcle bien mientras monitorea el contenido de humedad. No debe escurrir agua; el contenido de humedad debe estar entre 30% y 40%. Para verificar, comprima un puñado de la mezcla en la mano, esta debe quedar como una unidad sin desmoronarse y sin que gotee líquido. Sin embargo al tocar el puñado con el dedo, debe desmoronarse fácilmente.
- Coloque la mezcla sobre un piso de cemento o suelo, bajo un área techada. Luego cúbrala con sacos, bolsas pajas u otro material similar. (se recomienda colocar la mezcla sobre un piso de cemento para facilitar el volteo).
- Bajo condiciones aeróbicas, la mezcla se fermenta muy rápido. La temperatura aumenta en cuestión de horas y el Bokashi puede necesitar de una remoción constante. Idealmente la temperatura se debe mantener

alrededor de 35 °C a 40 °C. Si la temperatura sobrepasa los 60 °C se debe revolver bien la pila de Bokashi. Si la temperatura permanece alta, extienda la pila para reducir la altura y permitir la entrada de aire fresco.

- El periodo de fermentación es de 3 a 21 días y su duración depende de los materiales que se usan. El Bokashi esta listo para ser utilizado cuando libera un olor dulce producto de la fermentación y cuando se pueden observar mohos blancos en la superficie. Si la pila emite olor a putrefacción el experimento a fracasado.

La Fundación Mokita Okada, (MOA 1998), menciona que tradicionalmente, el Bokashi ha sido elaborado con materia orgánica como afrecho de arroz junto con la adición de suelo de bosques o montañas como inoculante microbiano rico y diverso en organismos benéficos, a diferencia de éste, el EM bokashi es una materia orgánica fermentada usando EM como inoculante microbiano en vez de suelo de montaña.

El mismo autor, menciona que, el proceso de producción es relativamente corto ya que toma entre 14 a 24 días después del tratamiento (fermentación), e inclusive no hay problema al ser utilizado en la producción de cultivos, aún cuando la materia orgánica no se encuentra totalmente descompuesta como en el compost.

Shintani (2000a), explica que la cantidad de agua utilizada para la preparación del Bokashi es la necesaria para inocular la materia orgánica. El volumen de agua empleado es proporcional a la cantidad de EM y melaza, la melaza puede ser sustituida por cualquier tipo de material que contenga propiedades energéticas similares como por ejemplo caña de azúcar madura y vinaza, en otras palabras, se debe mantener una relación de 1:1:100 de EM, melaza y agua, respectivamente. La mezcla de materiales es colocada en un lugar bajo techo. En general el proceso tarda 21 días aun que el tiempo de fermentación depende de la clase de material usado, del clima de la zona y del tipo de Bokashi. Durante los 21 días se realizan dos volteos para controlar la temperatura que se debe mantener en un rango de 40 - 60°C siendo el rango óptimo de 50 - 60°C ya que pasado los 70°C el nitrógeno

presente en el material se comienza a perder en forma de amonio y por consiguiente la calidad del material disminuye considerablemente.

3.15.1 Factores a considerar en la preparación de EM Bokashi

3.15.1.1 Humedad

Stewart y Guerrero (2003), indican que el agua es un medio para que se lleven a cabo gran parte de los procesos biológicos en la naturaleza. Estos procesos se ven favorecidos cuando el medio se encuentra saturado de humedad. La actividad microbiana empieza a inhibirse con valores cercanos a un 40% de humedad. El rango deseable se encuentra entre 40 y 65% de humedad, si las condiciones de humedad sobrepasan un 65% se corre el riesgo de sufrir descomposición por procesos anaeróbicos. Para reducir la humedad, es recomendable incorporar materiales fibrosos que absorben la humedad de los residuos a procesar. Una opción factible para este objetivo es el uso de aserrín pues es de fácil acceso en la zona. Sin embargo, si se cuenta con un sistema de aireación mecanizado con un flujo de aire constante, es posible manejar el proceso sin una cantidad considerable de material absorbente.

3.15.1.2 Aireación

Stewart y Guerrero (2003), señalan que la aireación agiliza la actividad biológica y genera calor que es evacuado en forma de vapor de agua. Por esta razón es imprescindible mantener una cantidad y presión adecuada de aire que supla la demanda biológica y expulse el vapor de agua a través de los poros de los materiales, la aireación es responsable del incremento de la temperatura pero al mismo tiempo el flujo de aire expulsa el aire caliente, regulando la temperatura en la pila.

Según NARAES (1992), cuando los materiales poseen un bajo contenido de humedad (40%) el aspecto de porosidad no es imprescindible, ya que el aire no

es un factor determinante de la calidad final del producto. Esta es la razón por la que en sistemas con pilas aireadas por volteo manual es indispensable disminuir el contenido de humedad de las materias primas.

De acuerdo NARAES (1992), las características del material influyen directamente en la aireación. La porosidad determina el flujo de aire, la que al mismo tiempo es determinada por el tamaño de las partículas. Partículas largas y uniformes aumentan la porosidad.

El mismo autor indica que la estructura trata de la rigidez del material, lo que permite su resistencia a compactación y consecuentemente pérdida de porosidad. La textura del material es importante, ya que el aire se desplaza con mayor facilidad en materiales porosos que en acuosos.

3.15.1.3 Temperatura

Hansen *et al.* (1995) indica que vez colocados los materiales en la pila, la temperatura comienza a subir gradualmente hasta los 60°C. Esta es la causa de la importancia de un contenido de humedad mayor a un 40% para evitar combustiones espontáneas del material pues gran parte del calor se pierde por evaporación

4. MATERIALES Y METODO.

4.1. Localización del área de estudio

El presente trabajo de tesis de grado se llevó a cabo en el Vivero Municipal de Aranjuez, en el Distrito 21 del Municipio de La Paz, ubicado al oeste del Macro distrito Sur en la provincia Murillo del departamento de La Paz.

El municipio de La Paz está ubicado aproximadamente en el centro del Departamento, con una superficie de 201,150 ha. A una altitud entre 2.200 y 4.000 metros sobre el nivel del mar. La temperatura en el Macro distrito Sur oscila entre la mínima media de 4.4 °C y una máxima media de 24.2 °C (SENAIM s/f).

4.1.1 Razones técnicas para la elección del área de estudio

La elección del área de estudio estuvo determinada primero por las características de humedad y temperatura que presenta la zona de Aranjuez, y en segundo lugar porque en este vivero de propiedad de la Empresa Municipal de Áreas Verdes (EMEVERDE), se produce el principal acopio de material orgánico necesario para la realización del abono EM Bokashi como es el estiércol, tierra negra, aserrín, agua y otros materiales relacionados con el tema de investigación como el almacenamiento de semilla.

4.2 Material experimental

4.2.1 Material vegetativo de estudio

Se utilizó 1 kg de semilla de ciprés (*Cupressus sempervirens L.*), recolectadas en San Benito Cochabamba, realizadas por el personal de EMAVERDE, a una latitud de 17° 31' 19" S, y una altitud de 2.700 msnm, esta zona tiene una precipitación anual de 500 mm (Navarro y Maldonado 2002).

4.3 Materiales para la elaboración de EM Bokashi

- 2 m³ de estiércol de vaca, que se constituye en la principal fuente de nitrógeno en la fabricación de abonos fermentados, aporta con nutrientes como fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro manganeso, zinc, cobre y boro (Restrepo, 2001.)

- 2 m³ de aserrín, favorece la fermentación de los abonos, incrementada por la presencia de vitaminas. Aporta nitrógeno, fósforo calcio, potasio y magnesio (Restrepo 2001).

- 2 m³ de cáscara de plátano picado, es una fuente de carbohidratos muy importante además de contener vitaminas, minerales y energía.

- 5 kg de carbón molido, mejora las características físicas del suelo, pues facilita la aireación y absorción de humedad y calor, por su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo que funciona con el efecto tipo “esponja sólida” que consiste en retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes a las plantas, disminuyendo la pérdida y lavado de estos en el suelo. (Restrepo 2001).

- 1/4 kg De cal agrícola, regula la acidez que se presenta en todo proceso de fermentación, así mismo puede contribuir con otros minerales útiles a las plantas (Restrepo, 2001).

- 1 galón de melaza, es la principal fuente energética para la fermentación, favorece y multiplica la actividad microbiológica, es rica en potasio, calcio y magnesio, contiene gran cantidad de boro. (Restrepo, 2001)

- 2 m³ de tierra del lugar

- ½ kg de micorriza

- 1 kg de levadura

- ¼ kg de fermentos lácticos

Estos últimos ingredientes constituyen la principal fuente de inoculación microbiológica, para la fabricación de abonos orgánicos (Restrepo 2001).

- Agua, su principal objetivo es homogeneizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono.

4.3.1. Material de campo

Para la fase de campo se utilizaron carteles de identificación, etiquetas de identificación, sacos plásticos para colección de material orgánico, bolsas de polietileno, marcadores, rollo de película para fotos, planilla de registro de datos, libreta de campo.

4.3.2 Equipo de campo

Secadora rustica de semillas, lupa, balanza, tijeras podadoras, carretilla, pala, Vernier, cámara fotográfica, maquina calculadora

4.3.3 Equipo de laboratorio

Balanza de precisión, estereoscopio, Vernier, Vaso de precipitados de 600 ml, matraz de 100 ml, reactivos (cloruro de tetrazolio, agua destilada, formol al 40%), estufa, mortero, cajas Petri.

4.4 Diseño experimental

Para la evaluación y análisis de este estudio de tesis de grado, se planteó un diseño experimental DBA en un arreglo factorial con tratamiento extra, por tratarse de un estudio a campo abierto (Hurtado y Merino 1994), en el diseño correspondiente se asignó 6 tratamientos y un testigo, con dos repeticiones, teniendo un total de 14 unidades experimentales.

Rodríguez del Ángel (1992), menciona que en la investigación agrícola se planea la aplicación de factoriales, a un grupo de unidades experimentales, con el fin de observar los efectos simples y la respuesta a la interacción. Sin embargo en ocasiones también es interesante contrarrestar los resultados anteriores respecto de un tratamiento testigo o cero, para observar si la aplicación de dichos estímulos modifica significativamente el comportamiento normal de las unidades. Este es el caso de los experimentos factoriales con un tratamiento extra.

4.4.1 Modelo.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \lambda_j + \alpha\lambda_{ij} + \xi_{ijk}$$

4.4.2 Factores en estudio.

Factor A: Niveles de fertilización orgánica EM Bokashi.

A1: 1 parte de sustrato base y 2 partes de EM Bokashi.

A2: 2 partes de sustrato base y 1 parte de EM Bokashi.

A3: Sustrato base sin EM Bokashi.

Factor B: Tratamientos pre-germinativos.

B1: Estratificación en arena por 15 días.

B2: Escarificación física en agua por 72 horas.

4.4.3 Formulación de tratamientos.

Los tratamientos aplicados y evaluados están descritos en el siguiente cuadro 3:

Cuadro 3: Descripción de los tratamientos de tres niveles de EM Bokashi y dos tratamientos pre - germinativos

Clave de tratamiento	Descripción
T1	1 parte de sustrato base y 2 partes de EM Bokashi con tratamiento pre- germinativo de remojo en agua
T2	1 parte de sustrato base y 2 partes de EM Bokashi con tratamiento pre- germinativo de estratificado
T3	2 partes sustrato base y 1 parte de EM Bokashi con tratamiento pre-germinativo de estratificado
T4	2 partes sustrato base y 1 parte de EM Bokashi con tratamiento pre-germinativo de remojo en agua
T5	1 parte de sustrato y 1 parte de EM Bokashi con tratamiento pre-germinativo de remojo en agua
T6	1 parte de sustrato y 1 parte de EM Bokashi con Tratamiento pre-germinativo de estratificado
T0	Sustrato base (1 parte de arena y 1 parte de tierra negra) y semillas sin tratamiento pre- germinativo

4.4.4 Dimensiones del campo experimental

Área total del experimento	22.56 m ²
Área neta del experimento	14 m ²
Área de la unidad experimental	1 m ²
Número de tratamientos	6 tratamientos + 1 testigo
Número de repeticiones	2
Distancia entre tratamientos	0.40 m

4.5 Variables de respuesta.

Las variables de respuesta agronómicas propuestas para el análisis de datos tomadas en este estudio fueron:

- Altura de la planta, que se evaluó en centímetros desde el cuello hasta el ápice terminal del tallo
- Numero de hojas, se realizó contando con ayuda de una aguja histológica para separar las hojas que en un principio suelen ser muy delgadas y pequeñas.
- Largo de raíz, se tomó desde el cuello o nudo hasta el ápice terminal de la raíz en centímetros, una vez concluida la fase de campo.
- Diámetro de cuello, que fue medido en milímetros con la ayuda de un vernier graduado.
- Las características evaluadas de las semillas fueron pureza física, morfología interna y externa, numero de semillas en un kilogramo, humedad de la semilla, porcentaje de germinación y viabilidad.

4.6 Metodología de campo

4.6.1 Preparación de EM Bokashi

El proceso de preparación del abono orgánico EM Bokashi se lo realizo teniendo cuidado de seguir las indicaciones de preparado basadas en la *Guía para uso Práctico* de EARTH (Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda) (2000), para evitar que el proceso fracase:

- a) De forma preliminar, se procedió a la preparación de la “Bokashira” o lugar donde se prepara el EM Bokashi, teniendo en cuenta que debe ser un lugar plano sin declives hacia ningún lado y de preferencia debe ser construido de cemento.

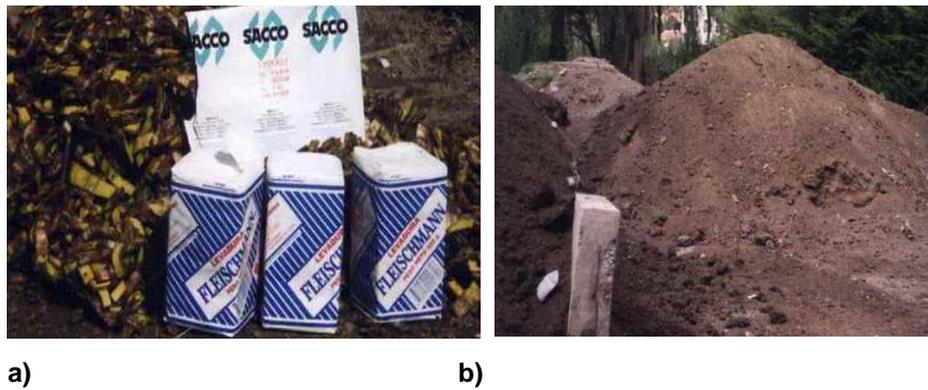


Figura 1: Materiales para la elaboración de EM Bokashi: a) Cáscara de banano picada, levadura y fermentos lácticos. b) Estiércol de vaca

- b)** Luego se inicio la recolección de materiales como la cáscara de banano, aserrín, carbón, estiércol, tierra del lugar, en un mismo día, para así evitar que los materiales empiecen a descomponerse de manera independiente y eliminar lixiviados. La materia prima la compone la cáscara de banano, banano de rechazo y aserrín más los EM activados¹. En cuanto al tamaño de las partículas el material de banano fue cortado en pedazos de 1 cm aproximadamente, de acuerdo a lo descrito según (NARAES 1992), que recomienda que entre más pequeña sea la misma, aumenta su superficie de contacto pero puede afectar la porosidad. El tamaño de las partículas debe ser entre 1 y 5 cm. para no afectar la porosidad y permitir un flujo de uniforme de aire.
- c)** EL carbón fue molido hasta tener máximo un tamaño de ½ centímetro, con una chancadora de piedra. El aserrín es utilizado con el fin de proveer una capa protectora para evitar que el material llame la presencia de insectos, también tiene la finalidad de proveer mayor porosidad a la masa para la evacuación de lixiviados y para que su textura no se vuelva mazosa.

¹ La preparación de la levadura se la realizó de acuerdo a las instrucciones propias con la cantidad de agua tibia y melaza necesaria que se indica en cada uno de los dos paquetes que se utilizó. Para la preparación de las bacterias lácticas se utilizó en una proporción de 1:10:1, refiriéndose a el sobre de microorganismos, agua y leche, haciendo uso de 3 sobres de microorganismos lácticos.

- d) En el lugar elegido, en este caso la Bokashira, se colocó los materiales en capas, uno sobre otro, hasta formar un montículo.



Figura 2: Molido de carbón



Figura 3: Aplicación de agua con regadera en la superficie, para mantener la humedad en la preparación.

- e) Se agregó agua hasta alcanzar un 40% de humedad (se realizó la prueba del puño, donde la mezcla al ser comprimida por el puño debe quedar como una unidad sin desmoronarse, ni chorree líquido, sin embargo al tocar el puñado con el dedo debe desmoronarse fácilmente) y se empezó a mezclar los materiales.
- f) El producto EM Activado (bacterias lácticas, levadura de pan, melaza y agua) fue inoculado a la mezcla anterior por medio de una regadera y una pala. Luego se cubre esta mezcla con agrofílm, para que los rayos del sol no le den directamente



Figura 4: Aplicación de EM (levadura, fermentos lácticos, micorrizas y melaza)

- g)** Una vez preparado el EM Bokashi, se siguió controlando el proceso. Lo primero que se tomó en cuenta es si existía exceso de humedad, ya que al ser preparado en condiciones aeróbicas la mezcla se fermenta más rápido y la temperatura aumenta en cuestión de horas. Con la finalidad de controlar la temperatura la cama fue volteada cada día con palas, esto también para ayudar a que el material se mezcle lo que aumenta la porosidad. Luego de finalizado el volteo, se volvía a dar la forma parabólica a la cama.



Figura 5: Volteo de la mezcla

- h)** Se evaluó que durante este tiempo la cama ya ha alcanzado temperaturas suficientemente altas como para que la aplicación de aire por medio del volteo no alargue el proceso de producción del abono partiendo de que si se aplica aire cuando las poblaciones microbianas se encuentran iniciando su actividad biológica (causante de la generación del calor), el proceso natural puede sufrir una alteración considerable y por tanto volverse

más lento. Ésta afirmación puede verse reflejada en el Anexo x en donde se observa la curva típica de temperatura para una cama de compost que no es muy diferente a una cama de Bokashi; de aplicarse aire la fase mesofílica (bajo los 40°C) y la fase termofílica (40 - 70°C) representadas en la curva de crecimiento de temperatura pueden extenderse.



Figura 6: Preparación de la levadura y fermentos lácticos, y aplicación de agua sobre EM Bokashi.

- i) La cosecha de EM Bokashi fue realizada 25 días después de comenzada su elaboración, también con palas. El Bokashi está listo cuando libera un olor dulce fermentado. Un bioindicador de la calidad y punto del Bokashi es la aparición de un hongo de color blanco.
- j) Se tomó una muestra de aproximadamente 1 Kg. de la mezcla al principio del ensayo y otra muestra similar al cabo de 25 días, para ser llevadas al laboratorio y sus respectivos análisis; biológicos en SELADIS y físico químico en el IBTEN

4.6.2 Ensayo de los tratamientos pre - germinativos

4.6.2.1 Escarificación física en agua

Para este ensayo se dispuso de un lote de 4.000 semillas puras que fueron remojadas en agua por un lapso de 96 horas en un contenedor plástico, en el que se cambiaba de agua periódicamente para evitar que el agua se contamine y se pudra.

4.6.2.2. Estratificación en arena.

Otro lote de 400 semillas fue dispuesto en un recipiente metálico de manera que se tenga una capa de arena, otra de semillas hasta terminar en una capa de arena, teniendo cuidado de humedecer la arena en cada capa, así sucesivamente hasta tener cuatro capas de semilla. La capa de sustrato no fue mayor a 20 cm. Todo el conjunto se mantuvo húmedo durante 15 días manteniendo el contenedor tapado y bajo sombra en un lugar fresco.

4.7 Establecimiento del ensayo.

- a) Se preparo el área de estudio, comenzando por la limpieza del lugar que consistió en el desmalezado y nivelado del lugar. Luego se tomaron las medidas de acuerdo al croquis del experimento y se delimito el área. Se preparo el sustrato base, para luego ser mezclado en diferentes proporciones con EM Bokashi. En una primera fase, al termino de los tratamientos aplicados a las semillas, se las alojo en platabandas con los diferentes niveles de sustrato + EM Bokashi y el testigo. El área del experimento estuvo cubierta por agrofilm durante todo el período de germinación para tener un buen retenimiento de calor y humedad, y también evitar que personas o animales interfieran en el desarrollo de los futuros platines.



Figura 7: Llenado de sustrato en las bolsas para repique.

- b)** Una vez que las semillas germinaron y se desarrollaron en plantines de *Cupressus sempervirens* L, y alcanzaron una altura de mas de dos centímetros, se procedió al repique, para lo cual se prepararon las bolsitas espaciales para repique en vivero, de polietileno de 12 * 20 cm. y un grosor de 80 micras. (cada lote de bolsitas contenía la misma proporción de sustrato base y EM Bokashi que dictaba cada tratamiento, para evitar que se generen cambios).



Figura 8: Instalación final de los tratamientos en las bolsas de repique

- c)** Se realizo el traslado y el acomodo final de la disposición de los plantines en cada tratamiento en su respectiva subparcela, para la posterior toma de datos.



Figura 9: Repique de plantines

4.7.1 Régimen de riego

El riego fue aplicado de manera similar y uniforme en cada unidad experimental para evitar que el efecto riego influya sobre el manejo del experimento. El riego fue realizado con un regadera de chorro fino una vez al día.

4.7.2 Labores culturales, control de plagas y enfermedades en vivero

Las labores culturales que se realizaron fueron riego y deshierbes. El control fitosanitario no fue necesario porque no se presentó ninguna enfermedad ni plagas en el área del experimento.

4.7.3 Duración de la fase experimental

Desde la preparación de EM Bokashi, los tratamientos pre-germinativos, la instalación de las parcelas, repique de plantines, toma de datos, transcurrieron 18 semanas.

4.8 Indicadores de respuesta

4.8.1 Determinación del número de semilla por estróbilo

Para la determinación del número de semillas que contiene cada estróbilo se muestreo al azar 10 frutos de *Cupressus sempervirens L*, se determinó su peso ancho y grosor de estas. Así mismo controlar el estado fitosanitario, la maduración del fruto y principalmente el número de semillas por estróbilo, logrando con este dato un aproximado de semillas por árbol.

4.8.2 Recolección y procesamiento de la semilla.

La recolección se realizó siguiendo la metodología tradicional, es decir con un pico de loro se fue cortando los frutos de los árboles, o recogiendo los frutos maduros del suelo. Una vez recolectados los frutos se los dejo secar en una estera de malla fina, parara luego extraer la semilla madura.

4.8.3 Determinación de pureza física

Para la realización de esta prueba se tomo el peso de un kilo de semillas en la balanza electrónica, haciendo dos replicas, con la siguiente formula:

$$\% \text{ pureza} = \frac{PSP}{PTM} * 100$$

Donde: PSP = Peso de semilla pura;

PTM = Peso total de la muestra original

Esta prueba fue realizada para determinar el contenido de semilla pura y el contenido de otras partículas o material distinto de las semillas en un kilo de muestra.

4.8.4 Morfología interna y externa de la semilla

El estudio de la morfología interna y externa fue realizado con la ayuda de un estereoscopio, para así poder diferenciar las partes más importantes de la semilla.

4.8.5 Determinación de las medidas de la semilla

La determinación de las medidas de la semilla, por su forma ovalada y plana, fueron realizadas tomando en cuenta la longitud de la semilla, y el grosor que fue tomado en el centro con la ayuda de un Vernier. Se tomó las medidas de 100 de semillas.

4.8.6 Determinación del número de semillas en un kilogramo de peso

Para obtener el número de semillas en un kilogramo de peso se tomaron muestras de 100 semillas puras en 8 repeticiones, luego en cada repetición se calcula el peso de las 100 semillas puras, rechazando las semillas defectuosas.

Con este resultado se calculo la desviación típica y el coeficiente de desviación para asegurar que los datos son confiables. Según el ISTA se da como margen de seguridad hasta 4.0 %, mayor a este resultado se debe repetir la prueba. La relación matemática es la siguiente:

$$N^{\circ} \text{ semillas} = \frac{1.000 \text{ semillas}}{Pt 1.000 \text{ semillas}} * 100$$

Donde: Pt = peso en gramos de 1.000 semillas

4.8.7 Muestreo de semillas

Ramos (1990), señala que, según el ISTA el objeto del muestreo es obtener una muestra de tamaño adecuado para el análisis, en el cual estén presentes los mismos

constituyentes y en las mismas proporciones que en un lote de semillas. Para el muestreo se utilizó el método del cuarteo manual, que consiste en utilizar un cuarteador que divide el lote de semillas en cuatro partes hasta obtener la muestra deseada. La muestra final obtenida se utilizó para realizar las siguientes pruebas.

4.8.8 Humedad de la semilla

William (1991), recomienda el método que consiste en el secado de la semilla en estufa durante dos horas a 130 grados centígrados, tomando en cuenta dos replicas de 10 gramos de semilla por replica. Al término del periodo, se colocan las semillas en una placa para que enfríen durante 30 a 40 minutos.

La relación matemática es la siguiente:

$$\text{ContenidoHumedad} = \left(\frac{b - c}{b - a} \right) * 100$$

Donde:

a = peso del recipiente en gramos

b = Peso del recipiente y la muestra en gramos

c = Peso del recipiente y su contenido después del secado en gramos.

4.8.9 Escarificación y estratificación de la semilla

Se realizó un tratamiento de escarificación física en agua, cuya relación con respecto al volumen de la semilla fue de seis veces su volumen, con un tiempo de remojo de 96 horas, cambiando de agua todos los días. Otro tratamiento aplicado consistió en un tratamiento de estratificación de las semillas utilizando para este arena fina; se dispuso en un recipiente un estrato de arena en el que se acomodó una primera capa de semillas, para luego cubrirla nuevamente con arena. Así se sigue hasta terminar con una última capa de arena húmeda. Este último tratamiento aplicado a las semillas, tuvo una duración 15 días.

a_0 = Sin tratamiento

a_1 = Tratamiento de remojo en agua por 96 horas

a_2 = Tratamiento de estratificación en arena por 15 días

El número de semillas utilizadas por tratamiento fue de 400, teniendo un total de 800 semillas.

4.8.10 Determinación del porcentaje de germinación

Siguiendo las normas establecidas por el ISTA, en la realización de esta prueba se utilizaron 8 replicas de 50 semillas en cada una, teniendo un total de 400 semillas por tratamiento y 800 semillas que hacen el total de los dos tratamientos aplicados. Para el cálculo del porcentaje de germinación se utilizo la siguiente fórmula matemática:

$$\%G = \frac{N^{\circ}SG}{N^{\circ}totalSE} * 100$$

Donde: $N^{\circ}SG$ = Numero de semillas germinadas en n días

$N^{\circ}_{total}SE$ = Numero total de semillas ensayadas

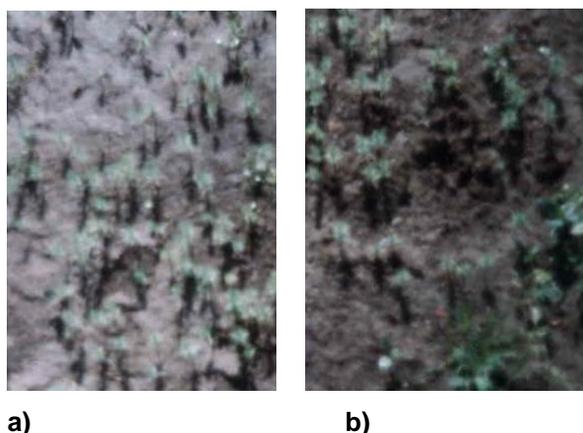


Figura 10: a.) Germinación de semillas sometidas a escarificación física en agua.

b.) Germinación de semillas sometidas a estratificación en arena.

4.8.11 Energía germinativa y periodo de energía

La determinación de la energía de germinación y el periodo de energía fue calculada sobre la base del porcentaje de germinación, cuando la germinación diaria media llego al máximo, (germinación acumulada dividida por el tiempo transcurrido desde la fecha de siembra, el resultado es el periodo de energía).

4.8.12 Determinación del valor germinativo

El valor germinativo fue determinado mediante la germinación diaria media, que se calcula por el porcentaje acumulado de semillas llenas al final del ensayo, dividido por el número de días que transcurre desde la siembra hasta el término del ensayo.

La evaluación del valor germinativo se lo realizó mediante el método de Czabator, (1962), mencionado por William, (1991) y que se calcula mediante la siguiente formula:

$$VG = GDM_{final} * VM$$

Donde:

VG = Valor de terminación

GDM = Germinación diaria media final

VM = Valor máximo de GDM

4.8.13 Determinación de la viabilidad

La prueba de viabilidad fue realizada mediante el método de la coloración del embrión de la semilla con el reactivo tetrazolio recomendado por el ISTA, que consiste en la preparación de una solución de 0.5 gr. De reactivo en 600 ml. De agua

destilada, en un ambiente oscuro, donde se alojó a 200 semillas previamente preparadas y dejadas en remojo, para verificar la tinción del embrión en las 8 replicas a ser evaluadas.

4.8.14 Sanidad de la semilla

En cada lote de semilla muestreada se procedió a observar si existía la presencia de insectos, larvas mohos, daños mecánicos o deformidad en las semillas, descartándose la presencia de alguno de estos defectos en cada lote de semilla muestreada.

4.8.15 Determinación de ph, humedad, densidad aparente y real, Capacidad de intercambio cationico, cantidad de materia orgánica

Para hacer la determinación en cantidades de estas características del abono orgánico EM Bokashi, se realizó dos pruebas de laboratorio en las que se analizaron en base a la cantidad de abono llevado a los centros de investigación.

4.8.16 Toma de temperaturas de la cama de EM Bokashi

La temperatura de las camas fue tomada por medio de un termómetro digital. Por cada sección de la cama fueron tomados dos puntos, en cada punto se realizaron dos tomas de temperatura, una a 5-8 cm. de profundidad y la segunda a 75 cm de profundidad (insertando el termómetro desde el perfil de la cama del material en proceso), obteniendo un total de 4 datos por sección cada vez que se realizaba la medición (Anexo 2).

5 RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Determinación del número de semillas por estróbilo.

La cosecha de semillas por árbol fluctúa de año en año debido principalmente al tiempo, las lluvias abundantes durante la polinización, las heladas tardías y los vientos fuertes pueden ocasionar una pérdida considerable de las flores. Por esta razón es que el número de semillas en un fruto varían considerablemente entre árboles y dentro del mismo. En el cuadro 4 se muestra la cantidad de semillas obtenidas por estróbilo.

Cuadro 4: Determinación de la cantidad de semillas por estróbilo

Nº de lote muestreado	Nº de frutos muestreado	Nº de semillas contenidas en 10 frutos muestreados	Promedio de semilla por muestra
1	10	300	30
2	10	239	24
3	10	272	27
4	10	270	27
5	10	286	29
6	10	313	31
7	10	280	28
8	10	320	32
9	10	270	27
10	10	215	22
	Total	2765	Media Gral.= 28

De acuerdo a los resultados obtenidos, el promedio de semillas por estróbilo es de 28 unidades, que de acuerdo con Maldonado, (1926), quien obtuvo una media de 34 semillas por estróbilo; es una cantidad de semillas que contendría cada fruto dentro del género *Cupressus*, pues dentro del mismo hay mucha variación y la pequeña diferencia en cantidad también podría deberse a las condiciones en las que se

obtuvo la semilla o al clima de la zona en el que se encuentran los árboles semilleros.

5.2 Determinación de las características morfológicas de la semilla de *Cupressus sempervirens* L.

5.2.1 Dimensiones

Para realizar las medidas externas de la semilla se tomaron 100 semillas como muestra. En el cuadro 5 se muestran las medidas obtenidas, las medidas extremas se indican en los paréntesis.

Cuadro 5: Dimensiones de la semilla de *Cupressus sempervirens* L.

Longitud	Ancho	Grosor
5 mm (4mm a 6mm)	4mm (3 mm a 5mm)	1 mm

Las medidas obtenidas se encuentran dentro de los parámetros mencionados por Maldonado (1926), que sugiere que las semillas de *Cupressus* tienen las mismas dimensiones encontradas en el experimento.

5.2.2 Forma

La forma característica de las semillas del género *Cupressus* es aplanada y elíptico-redondeada, generalmente más abultada en la parte media y con las caras hundidas en las partes laterales. Los bordes lisos, redondeados y descubiertos, las observaciones se encuentran de acuerdo con a lo mencionado por Maldonado (1926).

5.2.3 Color

El color de la semilla de *Cupressus sempervirens* L. de acuerdo a Maldonado (1926) es café que va desde las tonalidades negruscas hasta el café claro. En la parte

central de la cara se hallan unas pequeñas hendiduras que no llegan hasta el centro, aunque no todas las semillas presentan esta característica. Estas semillas no presentan ningún tipo de brillo.

5.2.4 Corte longitudinal

Se observaron semillas de testa gruesa en relación del tamaño de la semilla, de color café, cotiledones amarillo verdoso, planos y con un hueco en el centro de la semilla. Las caras hundidas de estas semillas se deben al hecho de que los cotiledones no se pueden separar en el lugar de la inserción al nudo cotiledonar.

5.3. Comportamiento de indicadores externos en semillas de *Cupressus sempervirens L.*

5.3.1. Pureza física de la semilla

De acuerdo a las normas del ISTA (1976), que establecen que se debe tomar 1000 gr de un lote de semillas, y además de las semillas maduras y sin daños se incluyen semillas del tamaño menor al normal, consumidas, inmaduras y germinadas siempre y cuando pertenezcan a la especie de que se trate y los trozas de semilla rotas cuyo tamaño es superior a la mitad del original, los resultados de esta prueba fueron dos componentes en el lote de semilla muestreado: Semilla pura de *Cupressus sempervirens L* y material proveniente de restos de semilla, hojas y frutos. Las dos replicas realizadas se presentan los siguientes datos en el cuadro 6:

Cuadro 6: Pureza física de la semilla

Composición de la muestra	Replica A	Replica B
Semilla pura	91.5 %	94 %
Otros	8.5 %	6 %

Los resultados obtenidos en las dos replicas tiene como promedio 93 % de pureza física, lo que demuestra que se tiene un mínimo porcentaje de impurezas (7 %). Esto

determina que el lote de semillas utilizadas para la realización de este ensayo es de alta pureza física de acuerdo a las normas del ISTA para este tamaño de semilla.

5.3.2 Determinación del número de semilla en un kilogramo de peso

Por tratarse de semillas muy pequeñas, para ser contadas manualmente se utilizo las reglas dictadas por el ISTA, que señala la determinación del número de semillas por kilogramo de peso en base al peso de 100 semillas. La prueba fue realizada con ocho replicas, con el peso de 100 semillas en gramos, obteniéndose los siguientes resultados que se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7: Peso de 100 semillas

Nº de replicas	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso de 100 semillas gr.	16.8	15.5	17	16.9	17	17	17.1	16.9

Los datos obtenidos representan que el lote muestreado de semillas es casi uniforme por lo que los resultados por replicas los pesos de 100 semillas no son muy diferentes. En el catalogo de semillas forestales de Verde Via (2001) se tiene un numero aproximado de semillas en el genero *Cupressus macrocarpa* de 100000 a 325000 por kilogramo,

5.3.3 Contenido de Humedad de al semilla

En el análisis del contenido de humedad de la semilla se utilizo el método de secado en estufa durante dos horas a 130 °C, indicado por la ISTA (1981), mencionado por William (1991), como se muestra en el cuadro 8, las dos replicas dieron los siguientes resultados:

Cuadro 8: Contenido de humedad.

Replicas	A	B
Peso del recipiente y su tapa en gramos	93 .03	89.06
Peso del recipiente, su tapa y la muestra en gramos	102.99	103.02
Peso del recipiente y su contenido después del secado en estufa	101.92	101.23
Resultados del porcentaje de humedad	11.62	12.82
Promedio de humedad (%)	11.6%	12.8%

El contenido de humedad promedio obtenido de las dos muestras es de 12.2%.

La ISTA, dictaba antes para todas las especies una tolerancia del 0.2 % pero en el congreso de 1983 celebrado en Ottawa se convino establecer varios valores de tolerancia para semillas arbóreas de la cual tomamos como referencia el valor para semilla con humedad menor al 12.8 % teniendo como porcentaje de tolerancia 0.6 %, y como se advierte en los resultados obtenidos el contenido de húmeda promedio es de 12.2%, la diferencia entre estas dos muestras es igual a 0.4 % que es el valor establecido por la ISTA, lo que demuestra que los resultados son confiables.

5.4 Resultados del análisis germinativo con pruebas de escarificación física en agua y estratificado en arena de semillas de *Cupressus sempervirens L.*

Uno de los tratamientos previos utilizados para romper la latencia física de la cubierta seminal, y el cual tenia la finalidad de ablandar o abrir la cubierta para hacerla permeable y pueda producirse la inhibición y el intercambio de gases fue el tratamiento de remojo en agua durante 96 horas. El segundo tratamiento aplicado a las semillas de *Cupressus sempervirens L* fue el de estratificado en arena por un tiempo de 15 días disponiendo en capas las semillas y la arena, esto con el fin de que también su testa pueda ablandarse y escarificarse. Por ultimo para tener una comparación de las pruebas se tomo en cuenta los resultados de un lote de semillas

sin tratamiento alguno. En el cuadro 9 se muestran los resultados de los tratamientos pre- germinativos.

Cuadro 9: Comparación de los tratamientos pre- germinativos propuestos

Indicadores de respuesta	Remojo en agua 96 horas	Estratificación en arena 15 días	Sin tratamiento
% de Germinación	85.25	80.00	72.00
% max. diario X de Germ.	8.23	6.77	5.30
Periodo de energía	10 días	11 días	21 días
Energía germinativa	82.25	74.5	63.00

Como se puede observar en la comparación de los dos tratamientos aplicados y un testigo sin tratamiento, la escarificación física en agua a temperatura ambiente por un tiempo de 96 horas, cambiando periódicamente el agua, demuestra los mejores resultados, por obtener 85.25% como promedio de germinación máxima promedio día y en un período de energía de 10 días.

El segundo tratamiento aplicado de estratificación en arena también tiene buenos indicadores de germinación, sin embargo queda como una segunda opción con un porcentaje de germinación promedio de 80 %, energía germinativa de 74.5 %, 6.77 % de germinación máxima promedio día y un periodo de energía de 11 días.

Los resultados de las dos comparaciones entre tratamientos demuestra que se tuvo una emergencia casi uniforme, es decir ambos tratamientos son efectivos a anular la latencia exógeno o la impermeabilidad del tegumento seminal al agua y al oxígeno, lo que prolongaría la germinación de la semilla.

5.5 Determinación de la viabilidad

Esta prueba se refiere a la cantidad de semillas viables de un lote determinado y se define como el período de vida de la semilla durante el cual estas tienen la posibilidad de germinar. Se probaron 200 semillas divididas en 8 replicas de 25 semillas cada una. Los resultados se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10: Determinación de la viabilidad

Replica	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Nº semilla viable	16	15	25	25	25	21	23	25	175
% semilla viable	64	60	100	100	100	84	92	100	87.5
Nº semilla no viable	9	10	0	0	0	4	2	0	25
% semilla no viable	36	40	0	0	0	16	8	0	100

La prueba con tinción del embrión con sal de tetrazolio a un color rojo púrpura se dio en 175 semillas que hacen un total de 87.5 % de viabilidad. El resto de las semillas entre las que se considera a las deformes e inmaduras y que no registraron ninguna tinción fueron 25, que representan a un 12.5 % de semillas no viables. De acuerdo a los resultados obtenidos con esta prueba, en comparación con lo indicado en el Catálogo de Semillas 2001 del Centro de Semillas Forestales donde se tiene una viabilidad en *Cupressus macrocarpa* de 59000 semillas en un Kilogramo, las semillas de Ciprés (*Cupressus sempervirens L*) tienen una buena viabilidad.

5.6 Características físico químicas del abono orgánico EM Bokashi

En los cuadros 11 y 12, se presentan los resultados de las características físicas químicas del abono en estudio, haciendo una comparación entre los resultados de la muestra el día de la preparación y luego de transcurridos 25 días:

Cuadro11: Características físico-químicas de EM Bokashi

	Densidad aparente g/ ml	Densidad Real g/ ml	Nitrógeno total %	Potasio meq/ 100gr	Fósforo asimilable ppm	pH en agua	Materia orgánica	C/N
26 de julio	0.36	1.77	0.82	9.23	80.69	5.52	7.9	
24 de agosto	0.35	1.86	0.63	2.62	36.07	4.32	16.60	17.09

Para la obtención de los resultados presentados en los cuadros 11 y 12 se realizaron los análisis físicos químicos en los laboratorios del IBTEN.

La interpretación del valor de la muestra inicial de EM Bokashi nos refiere a una reacción ligeramente ácida por el valor de pH en agua. El pH 5.5 constituye un importante punto de transición en los suelos en cuanto a la asimilabilidad o solubilidad de los componentes del terreno. De acuerdo a Sandoval, (1997), el pH ideal para el desarrollo de las coníferas debe estar entre 4.5 a 6, libre de terrones, palos etc.

El contenido de nitrógeno de 0.82 %, demuestra que podría ser aprovechado por la planta gracias al valor del pH de la muestra inicial que favorecería el proceso de nitrificación; muy alto contenido de fósforo asimilable 80.69 % que también se ve favorecido por el valor del pH obtenido. La saturación por Ca⁺⁺, que en el análisis muestra un valor de 19.20 meq/ 100gr, juega un papel fundamental en la nutrición fosfórica, pues el calcio fijado al humus también sirve de puente para la fijación fosfórica, en forma tal que constituye una reserva del suelo.

El contenido de potasio en el abono es alto con un valor de 9.23 meq / 100 gr, sin embargo un exceso de calcio puede estorbar la absorción de este mineral. De acuerdo a estos resultados, y aunque el contenido de bases fue bajo el abono orgánico muestra un alto valor en cuanto a fertilizantes orgánicos se refiere, por sus contenidos altos en cuanto a los elementos más importantes como NPK y contenido de materia orgánica. Al respecto Soto (Sf), menciona que un racimo de banano almacena 2.75 % de potasio (206 gr.) considerando pulpa, cáscara y raquis lo cual permite que el abono en base a residuos de banano tenga mayores cantidades de potasio

En la segunda muestra tomada de EM Bokashi se observa un cambio en el pH, considerándola ácida en la escala de calificación de pH en agua, por tener un valor de 4.32. El abono orgánico EM Bokashi se acidificó más en comparación al valor antes obtenido en el primer laboratorio porque los abonos orgánicos que se preparan con material vegetal fresco al descomponerse incrementan la producción de CO₂ en el suelo producido por los microorganismos. El CO₂ al mezclarse con el hidrógeno del suelo formó ácido carbónico (H₂CO₃) que incrementó la acidez del suelo (Cepeda , 1991).

Sastriques (1982), menciona que en el suelo, al descomponerse el material vegetal incorporado, se forman ácidos orgánicos que disminuyen el pH del suelo.

De acuerdo con Soto (1999), el pH del medio afecta la actividad metabólica de los microorganismos, así como la disponibilidad de los nutrientes para estos. Una pila de abono debe mantener un rango de pH entre 6 y 8 ya que éste es el rango óptimo para el buen desenvolvimiento de los microorganismos. Con pH superiores a 8 e inferiores a 6 pueden inhibir la actividad microbiológica. Los resultados indican que todos los valores obtenidos no estarían dentro de lo descrito por este autor, sin embargo se debe tomar en cuenta que este es un abono preparado con material vegetal que no se usa cuando está totalmente descompuesto.

Según el Manual de Interpretación de los Índices Físico químicos y Morfológicos de los suelos Cubanos (1984), a pH por debajo de 5.5 entorpece el proceso de nitrificación, la alcalinidad también puede entorpecerlo. El nitrógeno es uno de los elementos más dinámicos y por lo mismo ofrece gran dificultad en su determinación. El mayor porcentaje de nitrógeno del suelo se encuentra en forma orgánica compleja, formando parte de diversos tipos de proteínas y otros compuestos.

Cuadro 12: Propiedades físico químicas promedio de EM Bokashi e Interpretación

	1º Análisis en laboratorio	Interpretación	2º Análisis en laboratorio	Interpretación
Ph	5.52	Ligeramente ácido	4.32	Acido
M.O. %	7.90	Alto contenido	18.60	Alto contenido
N total %	0.82	Alto contenido	0.63	Alto contenido
P ppm	80.69	Alto contenido	36.07	Alto contenido
K meq/ 100gr	9.23	Bajo contenido	2.62	Bajo contenido
Dap g/ cc	0.36		0.35	
C/ N			17.09	
CE mS/ cm			0.93	No salino
Calcio intercambiable meq/ 100gr	19.20			Alto contenido

Fuente. Elaboración propia.

5.6.1 Densidad aparente

El valor de la densidad aparente de la muestra de abono tomada en el principio del ensayo fue de 0.36 g/ ml. Luego de transcurridos 25 días el valor es de 0.35 g/ ml, lo que no muestra gran variación, pues su valor es casi constante.

Esta leve disminución en el valor de la densidad aparente se debe a que la materia orgánica puede formar en compuestos arcillo orgánicos que causan agregación y porosidad disminuyendo así la densidad aparente (García, 1982).

Pullido (1989), menciona que las características de suelo como textura, compactación, porosidad, compresión, conductividad térmica y resistencia del suelo como penetración, toman valores más favorables cuando la densidad aparente es baja.

También se puede añadir que la densidad aparente luego de 25 días de fermentación fue un poco más baja porque se relaciona con el aumento en cantidad de materia orgánica. Al respecto Kononova, (1982), señala que el aumento y descomposición de la materia orgánica en el suelo produce sustancias aglutinantes y microbianas que ayudan a estabilizar la estructura del suelo. Se ligan las partículas del mismo, formando agregados, manteniendo así el suelo en un estado granular suelto y abierto que se refleja en la variación en el valor de densidad del mismo.

5.6.2 Relación Carbono/Nitrógeno.

En base al cuadro 12, se puede deducir que la relación carbono nitrógeno del abono EM Bokashi al estar listo para ser incorporado al sustrato base tuvo un valor de 17.09, lo que significa que si la relación C/ N esta comprendida entre los valores 15 y 30, los microorganismos del suelo tienen aproximadamente la cantidad de nitrógeno que necesitan, solo cuando la relación carbono nitrógeno es menor a 15, se produce liberación de nitrógeno y no una inmovilización del mismo por los microorganismos del suelo, sin embargo el valor obtenido en el EM Bokashi no refleja una inmovilización obligada del nitrógeno.

La Relación C/N sobrepasa el rango máximo para que no ocurra un proceso de inmovilización del nitrógeno. Según Schitzer y Khan (1978), una relación C/N de 20 - 25 (1,25 - 2% de N) es un rango en el cual existe una equivalencia de N mineralizado e inmovilizado, entonces si hay una relación menor a la de este rango la mineralización predomina pero si al contrario la relación es mayor a la del rango, la inmovilización del N prevalece. Los resultados obtenidos son mucho mayores al los

del rango de Schnitzer y Khan, (1978) y por consiguiente se estarán presentando condiciones de inmovilización del N disponible en el suelo.

En términos generales la inmovilización de N ocurre cuando los microorganismos degradan la materia orgánica pero esta cuenta con mucho C por cada N presente (>25:1), entonces el N presente en el abono no estará inmediatamente disponible para las plantas sino hasta que los microorganismos que lo utilizaron para degradar la materia orgánica mueran, entonces ocurre un proceso de liberación de N.

En cambio cuando la relación C/N es inferior a 20:1, los microorganismos no necesitan todo el N para degradar la materia orgánica y por tanto al hacer las aplicaciones del abono, el nitrógeno estará inmediatamente disponible para las plantas (Brady y Weil 1999). Estos resultados son positivos para el EM Bokashi, ya que su objetivo principal es aumentar los microorganismos del suelo, su biodiversidad y energía en forma de carbono (Shintani 2000_a), además una alta relación C/N liberará N lentamente y por tanto no habrá oportunidad de que éste pueda ser fácilmente perdido, por tanto de más provecho para las planta.

5.7 Propiedades biológicas

En el cuadro 13 se muestran los resultados de los análisis biológicos de EM Bokashi.

Cuadro 13: Resultados del análisis biológico de EM Bokashi

	Primer examen microbiológico	Segundo examen microbiológico
Bacterias	1.800 000	13.500 000
Hongos	600.000	110. 000
Protozoos	50.000	30.000

Fuente: Elaboración propia

La comparación realizada entre las dos muestras llevadas a laboratorio para el análisis biológico de EM Bokashi, revela que hay un incremento en la cantidad de bacterias, hongos y una disminución de protozoos.

Las bacterias incrementaron su población, gracias a que las condiciones de sustrato rico en sustancias como proteínas y carbohidratos estaban frescas y listas para ser descompuestas. Un sustrato óptimo para el desarrollo de microorganismos como las bacterias y hongos tienen NH_3 , proteínas y carbohidratos, este sustrato hará que el desarrollo de estos microorganismos sea más rápido. Además, las bacterias soportan un rango bastante amplio de cambios de pH, no así otros microorganismos como los hongos. En cuanto a la disminución de los hongos en la mezcla se debería a que en un momento luego de aumentar su población en general, por la presencia de el ácido láctico se eliminaron los hongos y los protozoos que de alguna manera eran nocivos para las plantas, esto explica la acción del ácido láctico sobre los microorganismos nocivos como *fusarium*. Además los hongos que se desarrollan en la cultura Bokashi son actinomicetos, que en realidad son microorganismos intermedios entre bacterias y hongos.

El objetivo principal de EM Bokashi es activar y aumentar la cantidad de microorganismos benéficos en el suelo, y al mismo tiempo asegurar la producción de alimento para estos microorganismos. El suministro deliberado de microorganismos benéficos crea biodiversidad microbiológica en el suelo asegurando la fermentación rápida y una mayor actividad para eliminar los organismos patogénicos con una combinación de la fermentación alcohólica y láctica y una temperatura de 50 a 55 °C.

Restrepo (2001), menciona que entre las poblaciones predominantes de microorganismos se tiene lactobacillus, levaduras y un número menor de bacterias fotosintéticas, actinomicetos y otros tipos de organismos como se muestra en el cuadro 14.

Cuadro 14. Composición de microorganismos en EM Bokashi.

Grupo de microorganismos	Genero y especie
Bacterias lácticas	Streptomyces albus albus
Bacterias fotosintéticas	Rhodopseudomonas sphaeroides
Levaduras	Lactobacillus plantarum
Actinomiceto	Propionibacterium freudereichii
Hongos	Streptococcus lactis, S. faecalis, Aspergillus oryzae, Mucor hiemalies, Saccharomyces cerevisiae, Candida utilis

Fuente. Restrepo (2001).

De acuerdo a EARTH (Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda 2000), la presencia de algunas bacterias con capacidad para utilizar hidrogeno libre y el azufre en el suelo ayuda a cambiar el pH al utilizar H para convertirlo en azucares y también disminuye la formación de metano, hidrosulfito y amoniaco que son dañinos a las plantas y producen malos olores. Estas bacterias son las bacterias fotosintéticas que captan el exceso de iones de hidrogeno, azufre y amoniaco y producen compuestos nutritivos a los cultivos.

5.7.1 Producción de materia orgánica

Rivero (1998) indica que en la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos, el nitrógeno se mineraliza produciendo bióxido de carbono que contribuye a la liberación de otros elementos como potasio y fósforo y además queda como producto residual el humus. Cuando la materia orgánica esta bien descompuesta, se estabiliza la relación entre carbono y nitrógeno, manteniéndose en nuestro clima alrededor de 10:1. Esto ocurre a causa de que se pierde tanto CO₂ como NO₃ y se mantiene la relación.

Hansen, *et al.* (1995), mencionan que la cantidad de nitrógeno mineral asimilable en el suelo, resulta de la diferencia entre la velocidad en la que es producido por la población biológica a partir de la reserva edáfica de materia orgánica y la velocidad a

que esta eliminando la misma por el lavado, por las plantas en desarrollo y por otros miembros de la población del suelo.

Para Chilon (1996), la descomposición de la materia orgánica libera fósforo mineral y algunos compuestos orgánicos fosforados, como la fitina, pueden ser utilizados por la plantas directamente.

Soto (s/f), indica que la materia orgánica al descomponerse, libera ácidos orgánicos y carbónicos que liberan parte del fósforo fijado con mediano grado de intensidad. El fósforo retenido exteriormente es intercambiable con CO₂ y aniones húmicos, de ahí se deduce otra ventaja de la materia orgánica.

Según CATIE (2003), señala que en los abonos orgánicos se clasifican como biofermentados si se originan a partir de la fermentación de materiales orgánicos como los estiércoles animales, plantas verdes y desechos.

5.7.2 Toma de temperatura de EM Bokashi

La medición de temperatura se hizo de acuerdo al esquema presentado en el anexo 2 tomando mediciones durante los 24 días que duro la fermentación de EM Bokashi. El siguiente cuadro 15, muestra el ascenso general de la temperatura en la masa del abono; de acuerdo a Restrepo (2007), la elaboración de abonos orgánicos fermentados se puede entender como un proceso de descomposición aeróbica y termofílica de residuos orgánicos, por medio de organismos efectivos o benéficos (EM) que existen en los propios residuos, que bajo condiciones controladas se puede obtener material optimo. También se puede observar en el cuadro 15 que las temperaturas llagaron a 53°C para luego estabilizarse. Según Okumoto (2003), en la preparación de Bokashi se recomienda temperaturas relativamente altas, arriba de 50°C hasta 80°C para asegurar que mueran organismos patógenos.

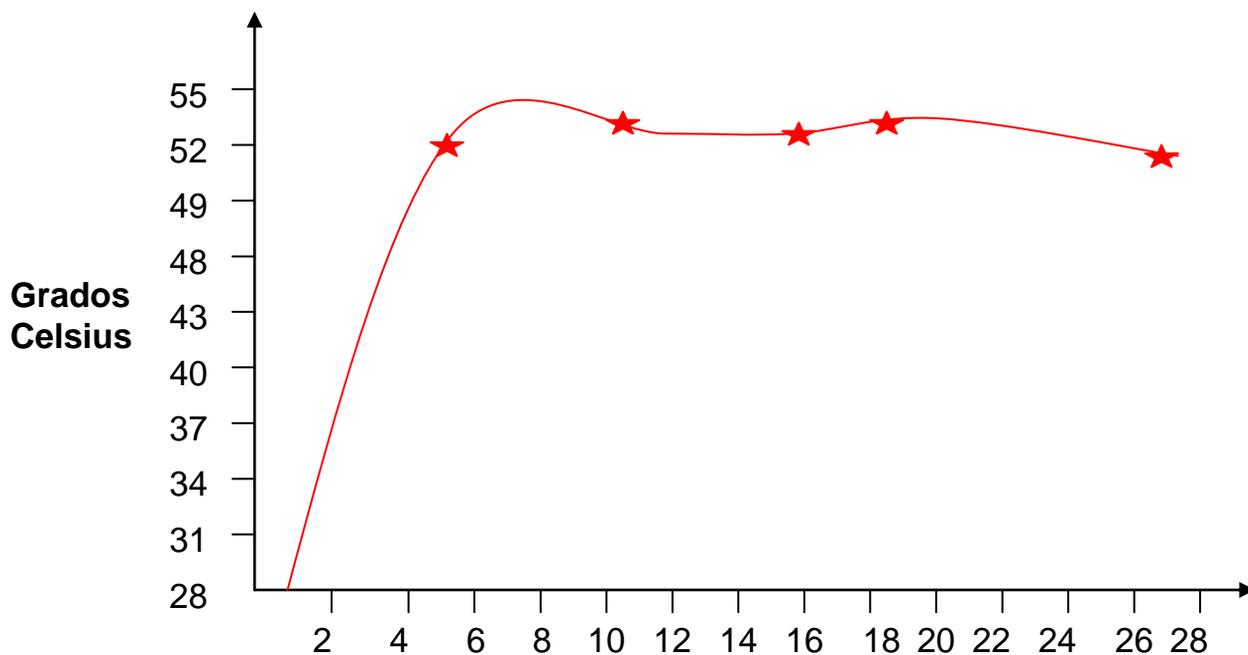


Figura 11. Curva de temperatura en grados °C durante los días de fermentación de EM Bokashi

El objetivo principal de este abono orgánico fermentado es activar y aumentar la cantidad de microorganismos benéficos EM en el suelo. El suministro deliberado de microorganismos benéficos crea la biodiversidad microbiológica en el suelo asegurando la fermentación rápida y una mayor actividad para eliminar los organismos patogénicos, con una combinación de la fermentación alcohólica, fermentación láctica y una temperatura de 50 °C a 55 °C.

5.8 Resultados obtenidos de las variables altura de la planta, número de hojas, largo de raíz y diámetro de cuello

5.8.1 Altura de planta

El promedio de altura de planta es de 6.09 cm., teniéndose alta significancia entre los tratamientos formulados por los dos factores comparados con el testigo, así mismo

se tiene alta significancia en los factores nivel y tratamientos pre-germinativos, también en la interacción nivel de EM Bokashi*tratamiento pre-germinativo. Teniéndose un coeficiente de variación de 6.74% como se muestra en el cuadro 15.

Cuadro 15: Análisis de varianza de altura de planta

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Fac. vs. Testigo	1	12.48	12.48	74.12	0.0001 **
Bloque	1	0.37	0.37	2.19	0.1898 ns
Nivel	2	57.55	28.78	170.89	<.0001 **
Pre- germinativo	1	16.85	16.85	100.06	<.0001 **
Nivel*Pre-germinativo	2	11.48	5.74	34.08	0.0005 **
Error	6	1.01	0.17		
Total	13	99.74			
CV %	6.74				
Promedio	6.09				

La prueba de Duncan de los tratamientos en estudio, se observa que se formulan tres grupos claramente diferenciados, donde el tratamiento de N3-P2 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi y escarificación física en agua), es el que tiene el valor más alto con 10.54 cm, significativamente diferenciado del resto de los tratamientos, seguido del grupo formado por los tratamientos N2-P2 (1 partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi y escarificación física en agua) y N3-P1 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi y estratificación en arena) con valores de 8.56 y 8.02 cm.

Al final se encuentra el ultimo grupo con valores que no sobrepasan los 4 cm, con los tratamientos N1-P1 (2 partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi y estratificado en arena), N1-P2 (2 partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi y escarificación física en agua), N2-P2 (1 parte de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi y estratificado en arena) y el Testigo (sustrato base y ningún tratamiento pre-germinativo), este ultimo tiene el valor más bajo de altura con 3.78 cm (Figura12).

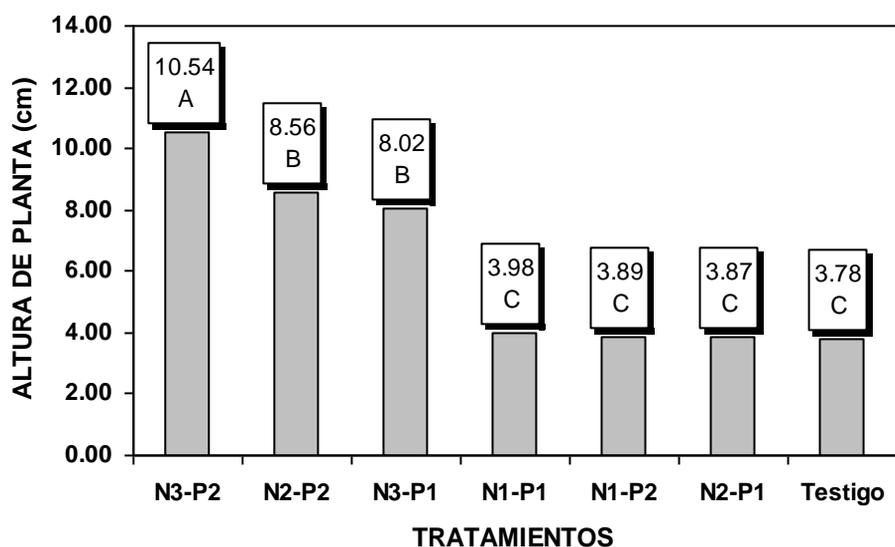


Figura 12: Prueba de medias de los tratamientos en estudio

La prueba de medias de Duncan (Figura 13), presenta diferencias en la altura de planta de los diferentes niveles aplicados, donde se tienen que el nivel 3 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokasahi) tiene un promedio de 9.28 cm, valor significativamente superior al de los otros niveles, donde el nivel 1 (2 partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi), presenta el valor más bajo de altura de planta con 3.93 cm. Esta diferencia se debería a que las plantas han sido nutridas de modo balanceado con 1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi, representadas por el nivel 3, pues se hicieron más vigorosas y rendidoras en altura. También esta proporción de sustrato y EM Bokashi en el nivel 3 de fertilización orgánica, según Restrepo (2000) contiene las sustancias que se originan a partir de la fermentación y son muy ricas en energía libre indispensable para el metabolismo y perfecto equilibrio nutricional de la planta.

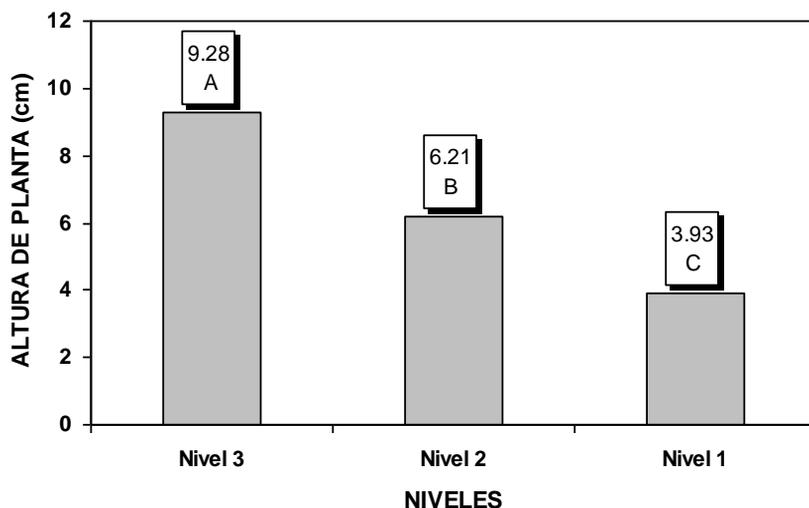


Figura 13: Prueba de medias de los niveles de EM Bokashi

Con relación a los tratamientos pre-germinativos, tenemos que el tratamiento Pre-germinativo 2 (Escarificación física en agua por 96 horas) es el que presenta la mayor altura de planta con 7.66 cm., valor significativamente diferente a la altura de planta registrado con el tratamiento Pre-germinativo 1 (estratificación en arena por 15 días) con 5.29 cm. (Figura 13). Este resultado estaría de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de comparación de tratamientos pregerminativos, donde el tratamiento de escarificación física en agua por un tiempo de 96 horas, obtuvo mejores resultados.

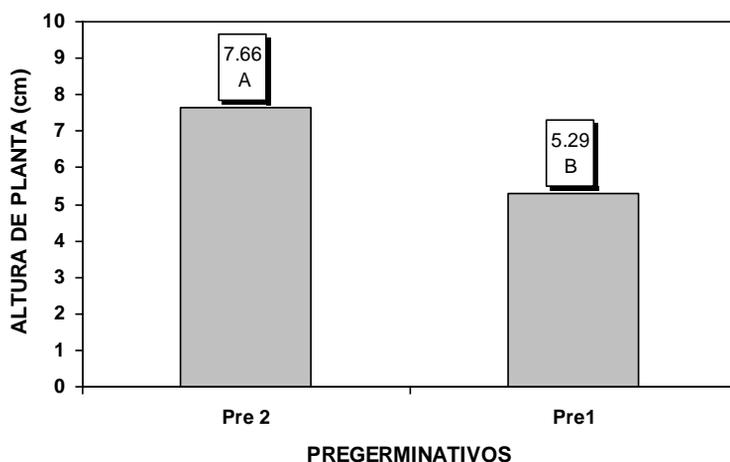


Figura 14: Prueba de medias de los tratamientos pre-germinativos

El análisis de varianza de efectos simples para la interacción de niveles de EM Bokashi*tratamientos pre- germinativos, presenta significancia en el comportamiento de los niveles de los tratamientos pre- germinativos en el factor niveles, así mismo se observa que en el caso de el Nivel 1 (1parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi) con los tratamientos pre- germinativos no se tiene significancia así se presenta en el cuadro 15.

Cuadro 15: Análisis de varianza de efectos simples altura de planta

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
N(P1)	2	22.40	11.20	66.53	5.14 *
N(P2)	2	46.63	23.32	138.52	5.14 *
P(N1)	1	0.01	0.01	0.05	5.99 ns
P(N2)	1	22.00	22.00	130.67	5.99 *
P(N3)	1	6.33	6.33	37.58	5.99 *
Error	6	1.01	0.17		

En la figura 14, se observa que en un nivel 1 (1parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi) de aplicación no se tienen significancia en los valores de altura de planta de los tratamientos pre- germinativos, en tanto que con los niveles 2 (1 parte de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi) y nivel 3 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi) se tienen diferencias significativas en la altura de planta en los diferentes tratamientos pre- germinativos.

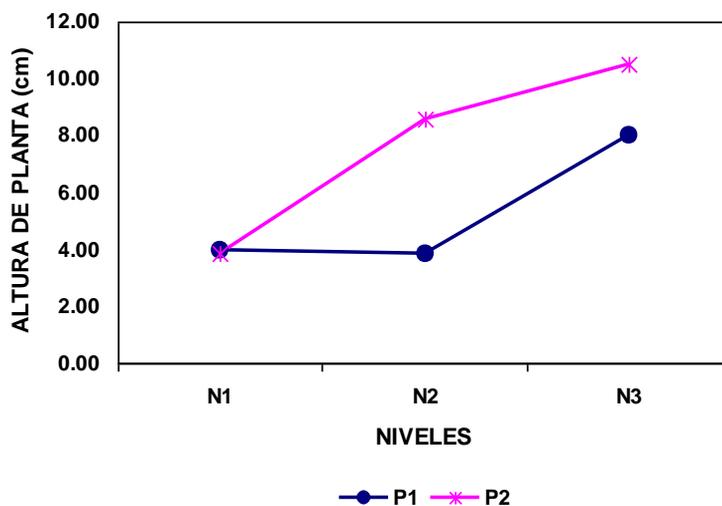


Figura 15: Efectos simples de la interacción de los tratamientos pre-germinativos con los niveles

5.8.1.1 Comparación de medias entre testigo y tratamiento para altura de la planta.

En esta prueba se hizo la comparación individual del testigo respecto de cada uno de los tratamientos.

En el cuadro 17 se observa el promedio de altura que se obtuvo en cada tratamiento.

Cuadro 17: Promedios de altura de cada tratamiento.

Tratamientos	Promedios
Testigo	3.78
N1-P1	3.98
N1-P2	3.89
N2-P1	3.87
N2-P2	8.56
N3-P1	8.02
N3-P2	10.54

De acuerdo a los resultados obtenidos en las comparaciones entre el testigo y los tratamientos N1-P1, N1-P2, N2-P1 son no significativos (NS), es decir son iguales al testigo. Los tratamientos N2-P2, N3-P1, N3-P2, de acuerdo a sus resultados son diferentes del valor obtenido por el testigo en la variable altura de planta, como se observa en el siguiente cuadro18.

Cuadro 18: Comparación y significancia entre tratamientos

Comparación de tratamientos	Significancia
Testigo vs N1-P1	0.49 NS
Testigo vs N1-P2	0.27 NS
Testigo vs N2-P1	0.22 NS
Testigo vs N2-P2	11.59 *
Testigo vs N3-P1	10.28 *
Testigo vs N3-P2	16.40 *

Los tratamientos con letras iguales son no significativos (NS).

Testigo	a
N1-P1	a
N1-P2	a
N2-P1	a
N2-P2	b
N3-P1	b
N3-P2	b

5.8.2 Número de hojas

El promedio de número de hojas es de 17.63, teniéndose significancia solo en el factor niveles, donde en el resto de las fuentes de variación como son Testigo vs Factorial, tratamientos pre- germinativos, la interacción nivel de EM Bokashi*tratamientos pre- germinativos no se tienen significancia, por otra parte se tiene un coeficiente de variación de 24.42%, como se muestra en el cuadro 19.

Cuadro 19: Análisis de varianza de número de hojas

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Fac vs Testigo	1	78.49	78.49	4.24	0.0852 ns
Bloque	1	30.75	30.75	1.66	0.2450 ns
Nivel	2	388.64	194.32	10.49	0.0110 *
Pre- germinativo	1	110.41	110.41	5.96	0.0504 ns
Nivel*Pre-germinativo	2	51.51	25.76	1.39	0.3190 ns
Error	6	111.12	18.52		
Total	13	770.93			
CV %	24.42				
Promedio	17.63				

Los valores del número de hojas de los tratamientos en estudio, se aprecia que el mayor número de hojas se encontró en el tratamiento conformado por N3-P2 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi y escarificación física en agua) con cerca de las 29 hojas, en tanto que el tratamiento conformado por N1 – P1 (2 partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi y estratificado en arena) tuvo 11 hojas, el resto de los tratamientos se encuentra entre estos rangos, el testigo presento cerca de las 12 hojas.

De acuerdo al análisis físico-químico de el EM Bokashi utilizado, donde se tiene un valor de 0.63% de nitrógeno total, y tomando en cuenta la proporción de N3–P2 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi y escarificación física en agua), la planta estaría aprovechando más este nutriente para favorecer el desarrollo de follaje. Bertsch, (1995).

En la figura 16 se muestra el número de hojas de los tratamientos en estudio.

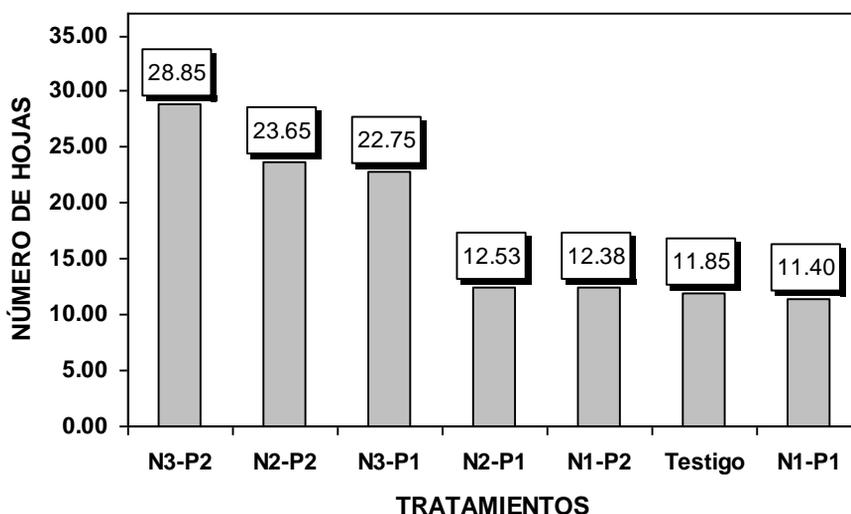


Figura 16: Número de hojas de los tratamientos en estudio

La prueba de medias de Duncan (Figura 17), presenta dos grupos que no están muy definidos, donde el nivel 3 (1 parte de sustrato base + 2 partes EM Bokashi), presenta el mayor número de hojas con un promedio de 25, en tanto que el nivel 1 (2 partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi) presenta el menor número de hojas, con un promedio de cerca de las 12 hojas, significativamente inferior al nivel 3(1 parte de sustrato base + 2 partes EM Bokashi) , en tanto que el nivel 2 (1 parte de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi) se presenta como un valor intermedio entre los dos.

Sin embargo el testigo tiene un número de hojas similar que N1-P1, este resultado estaría relacionado con la proporción de EM Bokashi utilizado para este nivel (2

partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi y estratificado en arena), en la que se estaría produciendo quizá una inmovilización del nitrógeno por los microorganismos de acuerdo a Schinitzer y Khan (1978), lo que haría que el número de hojas sea igual al tratamiento testigo.

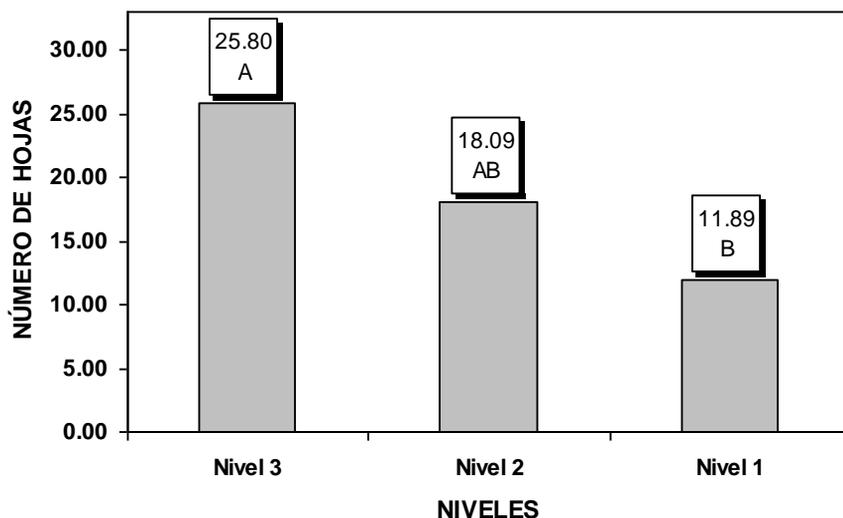


Figura 17: Prueba de medias del número de hojas de los niveles

Los valores alcanzados por los tratamientos pre- germinativos, con relación al número de hojas, se aprecia que el tratamiento Pre- germinativo 2 (escarificaron física en agua por 96 horas) presento un valor de 21.63 hojas, en tanto que el tratamiento Pre- germinativo 1 (estratificación en arena por 15 días) presento un valor de 15.56 hojas, los cuales estadísticamente no presentan significancia en cuanto a sus valores, como se muestra en la figura 18.

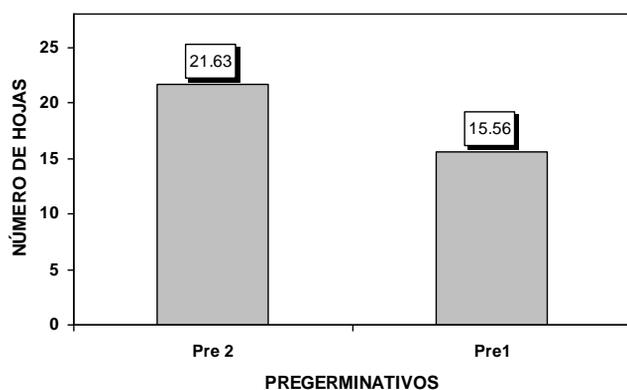


Figura 18: Número de hojas de los tratamientos pre- germinativo

5.8.2.1 Comparación de medias entre testigo y tratamiento para numero de hojas.

En el siguiente cuadro 20, se observa el promedio de número de hojas que se obtuvo en cada tratamiento.

Cuadro20: Promedios de número de hojas de cada tratamiento.

Tratamientos	Promedios
Testigo	11.85
N1-P1	11.40
N1-P2	12.38
N2-P1	12.53
N2-P2	23.65
N3-P1	22.75
N3-P2	28.85

De acuerdo a los resultados obtenidos en las comparaciones entre el testigo y los tratamientos N1-P1, N1-P2, N2-P1 son no significativos (NS), es decir son iguales al testigo en número de hojas. Los tratamientos N2-P2, N3-P1, N3-P2, de acuerdo a sus resultados son diferentes del valor obtenido por el testigo en la variable número de hojas, como se observa en el cuadro 21.

Cuadro 21: Comparación y significancia entre tratamientos

Comparación de tratamientos	Significancia
Testigo vs N1-P1	0.10 NS
Testigo vs N1-P2	0.12 NS
Testigo vs N2-P1	0.15 NS
Testigo vs N2-P2	2.74 *
Testigo vs N3-P1	2.53 *
Testigo vs N3-P2	3.9 *

Los tratamientos con letras iguales son no significativos (NS).

Testigo	a
N1-P1	a
N1-P2	a
N2-P1	a
N2-P2	b
N3-P1	b
N3-P2	b

5.8.3 Largo de raíz

El promedio de largo de raíz es de 5.16 cm, teniéndose significancia en la interacción de niveles y tratamientos pre- germinativos; alta significancia en el factor niveles y en los tratamientos pre- germinativos, por otra parte se tiene un coeficiente de germinación de 15.41, como se muestra en el cuadro 22

Cuadro 22: Análisis de varianza de largo de raíz

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Fac vs Testigo	1	8.55	8.55	13.51	0.0104 *
Bloque	1	0.01	0.01	0.01	0.9230 ns
Nivel	2	36.47	18.24	28.8	0.0008 **
Pre- germinativo	1	14.08	14.08	22.25	0.0033 **
Nivel*Pre-germinativo	2	10.38	5.19	8.2	0.0192 *
Error	6	3.80	0.63		
Total	13	73.29			
CV %	15.41				
Promedio	5.16				

La prueba de medias de Duncan (Figura 19), del largo de raíz de los tratamientos en estudio, se observa que se forman tres grupos claramente diferenciados, donde el tratamiento conformado por N3 – P2 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi y remojo en agua), presenta el mayor valor promedio de largo de raíz con 9.25 cm., significativamente diferente a los demás tratamientos; un segundo grupo conformado por los tratamientos N2 – P2 (1 parte de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi y escarificación física en agua) y N3 – P1 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi) y estratificado en arena) con valores promedios de largo de raíz de 7.10 y 6.30 cm. respectivamente; y un tercer grupo que estadísticamente presenta los valores más bajos conformado por los tratamientos N1 – P1(2 partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi y estratificado en arena), N1 – P2 (2 partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi y escarificación física en agua), Testigo y N2 – P1 (1 parte de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi y estratificación en arena), con valores de largo de raíz que van desde 3.75, 3.35, 3.25 y 3.15 cm. respectivamente.

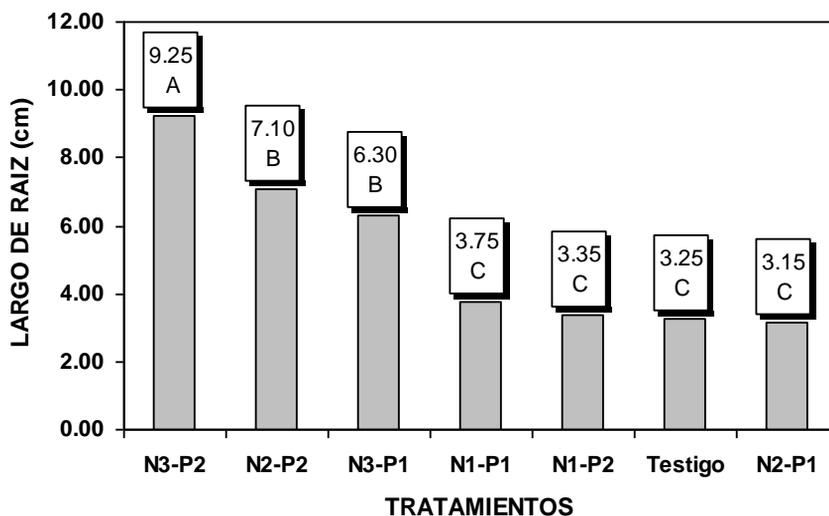


Figura 19: Prueba de Duncan los tratamientos en estudio

La prueba de medias de Duncan (Figura 20), de los niveles en estudio presenta tres grupos muy diferenciados, donde el nivel 3 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi) es el que presenta el promedio de largo de raíz más alto con un 7.78

cm., seguido del nivel 2(1 parte de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi), con un promedio de 5.13 cm. y significativamente más bajo se encuentra el nivel 1 (2 partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi) con un promedio de 3.55 cm. de largo de raíz.

El contenido de fósforo de EM Bokahi preparado con cáscara de banano es alto (36.07 ppm) de acuerdo al análisis físico químico realizado en el IBTEN, siendo así que la proporción del nivel 3 favorece ya celera el desarrollo de las raíces, pues interviene en la síntesis de ácidos grasos y en la síntesis de proteínas especialmente nucleoproteínas en los tejidos meristemáticos además de participar en la fijación simbiótica del nitrógeno estimulando la presencia de bacterias como *Rizhobium*. Bertsch (1995).

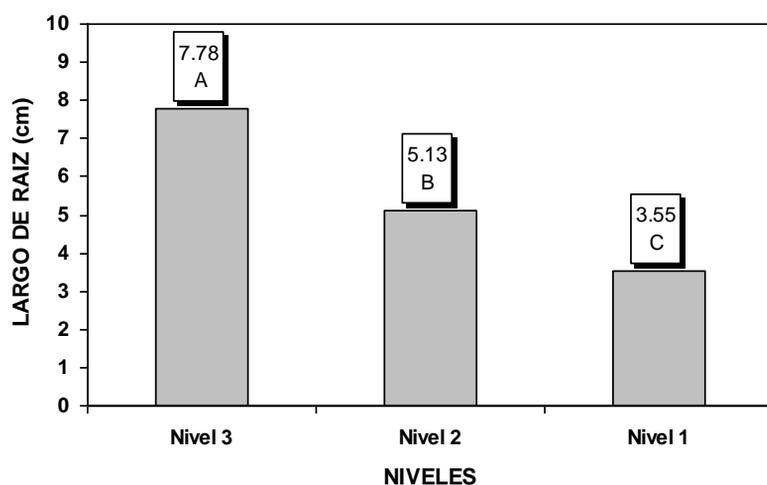


Figura 20: Prueba de Duncan del largo de raíz de los niveles de EM Bokashi

La prueba de medias del largo de raíz de los tratamientos pre- germinativos (Figura 21), se aprecia la conformación de dos grupos claramente diferenciados, donde el tratamiento Pre- germinativo 2 (escarificación física en agua por 96 horas.) es el que presenta el promedio de raíz más alto con 6.57 cm., en tanto que el tratamiento Pre- germinativo 1 (estratificación en arena por 15 días) presentó un valor de 4.40 cm. de largo de raíz, significativamente inferior.

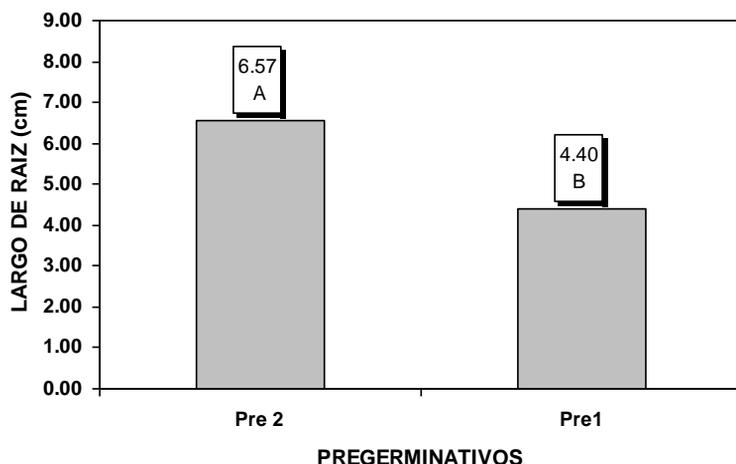


Figura 21. Prueba de Duncan del largo de raíz de los tratamientos pre- germinativos

El análisis de varianza de efectos simples que se presentan en el cuadro 23, no presenta significancia en el comportamiento de los tratamientos pre- germinativos con la aplicación del nivel 1 (2 partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi), en tanto que en el resto de las fuentes de variación se tienen diferencias estadísticas.

Cuadro 23: Análisis de varianza de efectos simples del largo de raíz

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
N(P1)	2	11.19	5.60	8.83	5.14 *
N(P2)	2	35.66	17.83	28.16	5.14 *
P(N1)	1	0.16	0.16	0.25	5.99 ns
P(N2)	1	15.60	15.60	24.64	5.99 *
P(N3)	1	8.70	8.70	13.74	5.99 *
Error	6	3.80	0.63		

En la figura 22, se observa que en un nivel 1 de aplicación (2 partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi) no se tienen significancia en los valores de largo de raíz, en tanto que con niveles 2 (1 parte de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi) y nivel 3 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi), se tienen diferencias o sea diferentes comportamientos de los tratamientos pre- germinativos, donde el tratamiento Pre- germinativo 2 (escarificaron física en agua por 96 horas) presenta los valores más altos de largo de raíz tanto en los niveles 2(1 parte de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi) como en el nivel 3 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi) de aplicación con relación a los registrados por el tratamiento Pre-

germinativo 1 (estratificación en arena por 15 días)

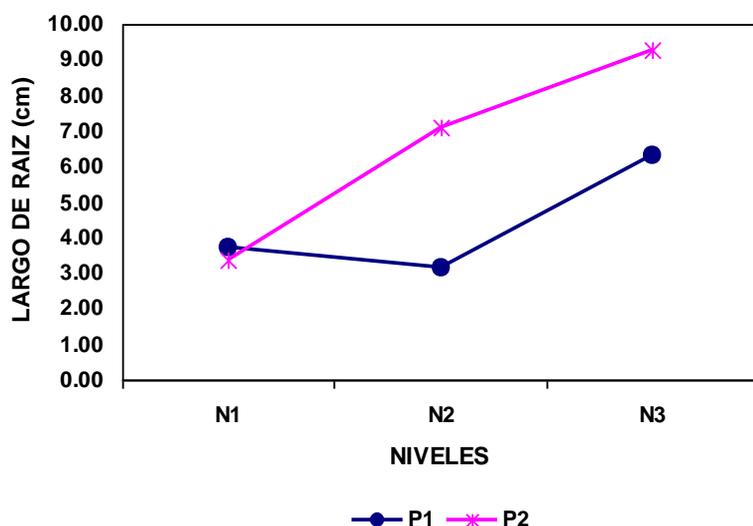


Figura 22: Efectos simples del largo de raíz

5.8.3.1 Comparación de medias entre testigo y tratamiento para largo de raíz.

En el cuadro 24 se observa el promedio de largo de raíz que se obtuvo en cada tratamiento.

Cuadro 24: Promedios de largo de raíz de cada tratamiento.

Tratamientos	Promedios
Testigo	3.25
N1-P1	3.75
N1-P2	3.35
N2-P1	3.15
N2-P2	7.10
N3-P1	6.30
N3-P2	9.25

De acuerdo a los resultados obtenidos en las comparaciones entre el testigo y los tratamientos N1-P1, N1-P2, N2-P1 son no significativos (NS), es decir son iguales al testigo en la variable largo de raíz. Los tratamientos N2-P2, N3-P1, N3-P2, de acuerdo a sus resultados son diferentes del valor obtenido por el testigo en la

variable número de hojas, como se observa en el cuadro 25.

Cuadro25: Comparación y significancia entre tratamientos

Comparación de tratamientos	Significancia
Testigo vs N1-P1	0.63 NS
Testigo vs N1-P2	0.12 NS
Testigo vs N2-P1	0.12 NS
Testigo vs N2-P2	4.87 *
Testigo vs N3-P1	3.86 *
Testigo vs N3-P2	7.59 *

Los tratamientos con letras iguales son no significativos (NS).

Testigo	a
N1-P1	a
N1-P2	a
N2-P1	a
N2-P2	b
N3-P1	b
N3-P2	b

5.8.4 Diámetro de cuello

El promedio de diámetro de cuello es de 4.48 mm, teniéndose significancia en los factores de nivel, tratamientos pre- germinativos y en la interacción de nivel de EM Bokashi y tratamiento pre- germinativo. No hay significancia en los tratamientos formulados con el testigo. El coeficiente de variación es 12.47, como se muestra en el cuadro 26.

Cuadro 26: Análisis de varianza de diámetro de cuello

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Fac vs Testigo	1	0.53	0.53	1.71	0.2383 ns
Bloque	1	0.32	0.32	1.01	0.3535 ns
Nivel	2	5.95	2.98	9.55	0.0137 *
Pre- germinativo	1	3.74	3.74	12	0.0134 *
Nivel*Pre-germinativo	2	3.55	1.78	5.7	0.0410 *
Error	6	1.87	0.31		
Total	13	15.96			
CV %	12.47				
Promedio	4.48				

Los valores presentados del diámetro del cuello de los tratamientos en estudio (Figura 23), se aprecia que el valor más alto lo registro el tratamiento conformado por N3 – P2 (1 parte de sustrato base + 2 partes EM Bokashi y escarificación física en agua), con 9.25 mm., y el valor más bajo lo registró el tratamiento conformado por N1–P2 (2 partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi y estratificado en arena), con un diámetro de cuello de 3.50 mm; el resto de los tratamientos se encuentra entre esos valores, por otra parte el testigo (sustrato base y ningún tratamiento pre-germinativo) , se encuentra muy por encima del valor más bajo, incluso por encima de tratamiento conformado por N1 – P1 (2 partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi y estratificado en arena), con un valor de 4.00 mm. de diámetro de cuello; que se debería a que existe un desequilibrio en las proporciones utilizadas para ambos tratamientos, podría tratarse también de una falta de uniformidad en la mezcla de sustrato base y EM Bokashi, lo que ocasionaría que se paralice la actividad biológica de los microorganismos en EM Bokashi y por lo tanto tampoco se contaría con los nutrientes adecuados para el buen desarrollo de diámetro de cuello en las plantas.

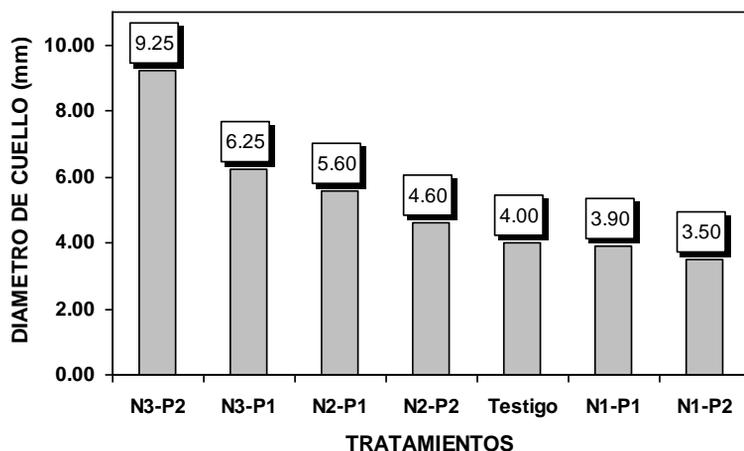


Figura 23: Diámetro de cuello de los tratamientos en estudio

La prueba de medias de Duncan (Figura 24), del diámetro de cuello de los niveles, presenta dos grupos no muy definidos, donde el nivel 3 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi) presenta el valor más alto de diámetro de cuello con un promedio de 5.43 mm, significativamente superior al registrado por el nivel 2 (1 parte de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi), en tanto que el nivel 1 (2 partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi) presenta el menor promedio de diámetro de cuello con 3.70 mm, el nivel 2 se encuentra en un punto intermedio con un promedio de 4.55 mm de diámetro de cuello.

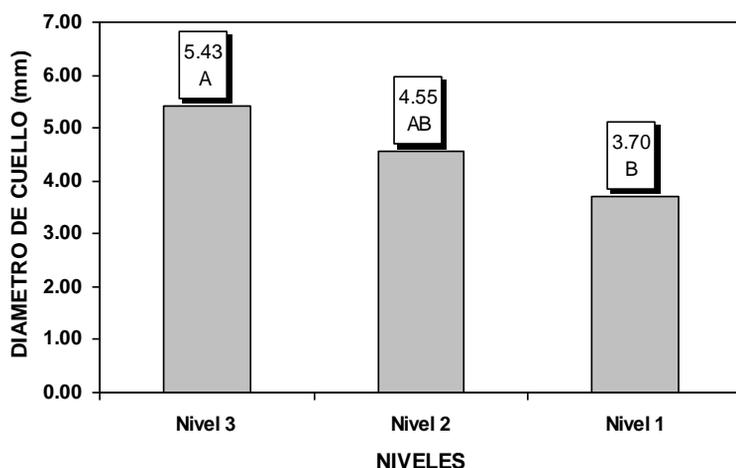


Figura 24: Prueba de medias de Duncan del diámetro de cuello de los niveles en estudio

La prueba de medias de Duncan (Figura 25), del diámetro de cuello de los tratamientos pre-germinativos, se aprecia la conformación de dos grupos claramente diferenciados, donde el tratamiento pre-germinativo 2 (escarificación física en agua por 96 horas) presentó un promedio de 5.12 mm, valor significativamente superior al registrado por el tratamiento pre-germinativo 1 (estratificación en arena) que tuvo un promedio de 4.00 mm.

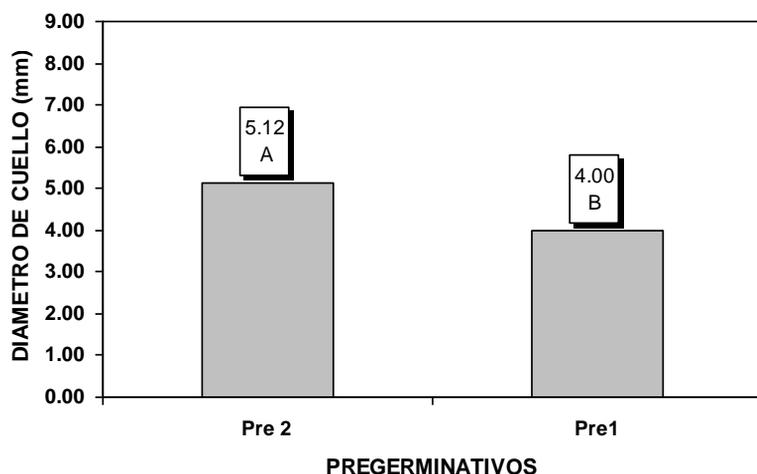


Figura 25. Prueba de Duncan del diámetro de cuello de los tratamientos pre-germinativos

El análisis de varianza de efectos simples para la interacción del diámetro de cuello no presenta significancia en el comportamiento de los niveles con el tratamiento pre-germinativo 1 (estratificado en arena por 15 días), así como en el de los tratamientos pre-germinativos con un nivel 1 (2 partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi), en tanto que en el resto de las fuentes de variación se tienen diferencias significativas como se muestra en el cuadro 26.

Cuadro 26: Análisis de varianza de efectos simples del diámetro de cuello

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
N(P1)	2	1.24	0.62	1.99	5.14 ns
N(P2)	2	8.26	4.13	13.26	5.14 *
P(N1)	1	0.16	0.16	0.51	5.99 ns
P(N2)	1	4.41	4.41	14.15	5.99 *
P(N3)	1	2.72	2.72	8.74	5.99 *
Error	6	1.87	0.31		

En la figura 27, se observa que en un nivel 1 de aplicación (2 partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi) no se tienen significancia en los valores de diámetro de cuello en ambos tratamientos pre- germinativos, en tanto que con los niveles 2 (1 parte de sustrato base + b1 parte de EM Bokashi) y nivel 3 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi) se tienen diferencias significativas en el diámetro de cuello en los diferentes tratamientos pre- germinativos. También se aprecia que en el caso del tratamiento pre- germinativo 1 (estratificado en arena por 15 días), este disminuye su valor del diámetro de cuello con el nivel 2 (1 parte de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi).

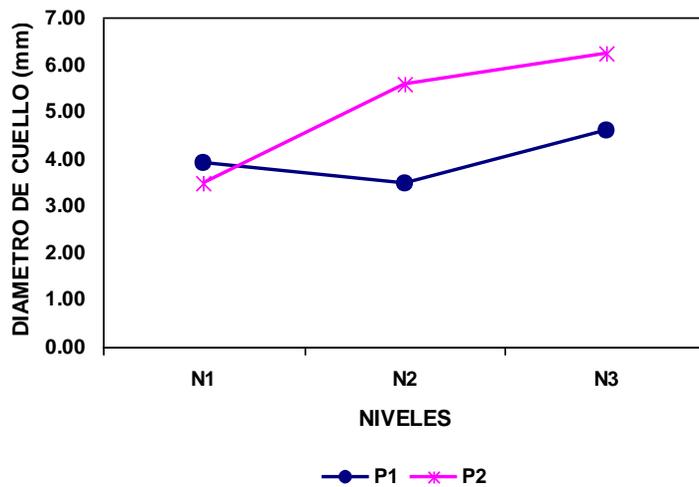


Figura 27: Efectos simples del diámetro de cuello

5.8.4.1 Comparación de medias entre testigo y tratamiento para largo de raíz.

En el siguiente cuadro se observa el promedio obtenido de diámetro de cuello en cada tratamiento.

Cuadro 27: Promedios de diámetro de cuello de cada tratamiento.

Tratamientos	Promedios
Testigo	4.00
N1-P1	3.90
N1-P2	3.50
N2-P1	5.60
N2-P2	4.60
N3-P1	6.25
N3-P2	9.25

De acuerdo a los resultados obtenidos en las comparaciones entre el testigo y los tratamientos N1-P1, N1-P2, son no significativos (NS), es decir son iguales al testigo en la variable diámetro de cuello. Los tratamientos N2-P1, N2-P2, N3-P1, N3-P2, de acuerdo a sus resultados son diferentes del valor obtenido por el testigo en la variable diámetro de cuello, como se observa en el siguiente cuadro 28.

Cuadro 28: Comparación y significancia entre tratamientos

Comparación de tratamientos	Significancia
Testigo vs N1-P1	0.18 NS
Testigo vs N1-P2	0.90 NS
Testigo vs N2-P1	2.90 *
Testigo vs N2-P2	1.09 *
Testigo vs N3-P1	4.09 *
Testigo vs N3-P2	9.54 *

Los tratamientos con letras iguales son no significativos (NS).

Testigo	a
N1-P1	a
N1-P2	a
N2-P1	b
N2-P2	b
N3-P1	b
N3-P2	b

5.8.5 Análisis de correlación

El análisis de correlación de las diferentes variables de respuesta, se tienen significancia en la totalidad de los pares formados, es decir se tiene una alta relación entre las variables estudiadas, es así que por ejemplo el par conformado por la Altura (ALTURA) y el diámetro del cuello (DIACUE) presenta una probabilidad $<.0001$ y un coeficiente de correlación de 0.87883, valor positivo, por lo que se puede afirmar que al producirse un incremento del diámetro de cuello se tendrá un incremento de la altura de planta, siendo esta relación significativamente alta como se muestra en el cuadro 21. Así mismo se tiene una alta correlación (>0.5) y positiva de los pares conformados por los Altura – Número de hojas, Altura – Largo de raíz, en ambos casos significativas, con valores de correlación de 0.9396 y 0.97009 respectivamente, como se detalla en el cuadro 29.

Cuadro 29: Matriz de correlación de las variables estudiadas

	ALTURA	NUMHOJA	LARGRA	DIACUE
ALTURA	1	0.9396	0.97009	0.87883
		$<.0001$	$<.0001$	$<.0001$
NUMHOJA	0.9396	1	0.88781	0.81716
	$<.0001$		$<.0001$	0.0004
LARGRA	0.97009	0.88781	1	0.90949
	$<.0001$	$<.0001$		$<.0001$
DIACUE	0.87883	0.81716	0.90949	1
	$<.0001$	0.0004	$<.0001$	

El análisis de regresión del número de hojas y la altura de planta (cm), nos presenta un valor de coeficiente de regresión de 0.338, por lo que se puede afirmar que por cada hoja que se incremente, se tendrá un incremento en la altura de planta en 0.338 cm, teniéndose un coeficiente de determinación de 88.29% (0.8829), es decir que la altura de planta depende del número de hojas en un 88.29% (Figura 28).

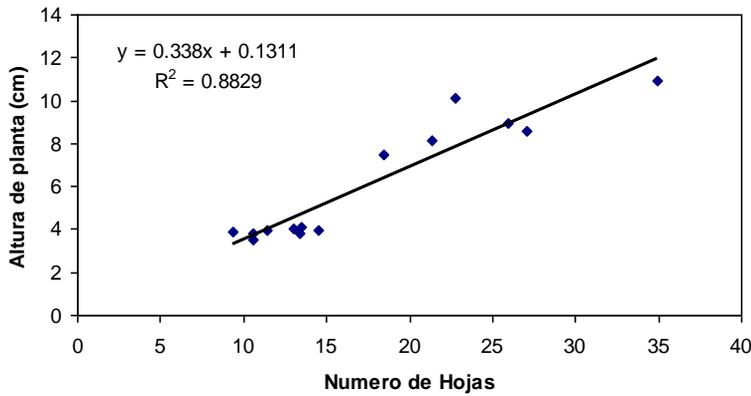


Figura 28. Regresión del número de hojas – altura de planta

El análisis de regresión del largo de raíz (cm) y la altura de planta (cm), nos indica que por cada cm que se incremente el largo de la raíz se tendrá un incremento en la altura de planta en un 1.1317 cm, por otra parte la altura de planta depende del largo de la raíz en un 94.11% (Figura 29).

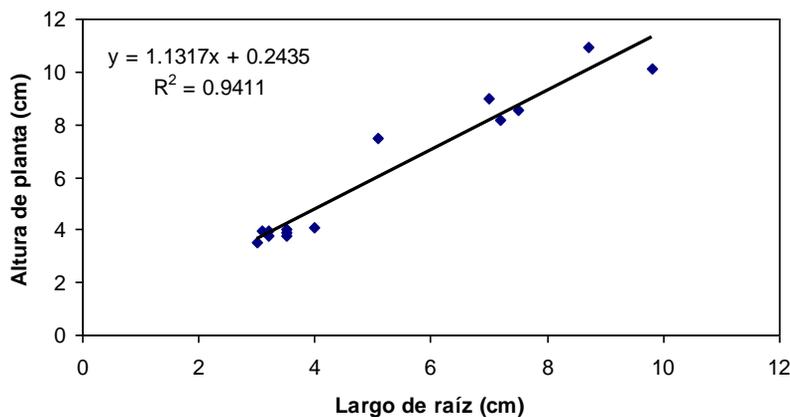


Figura 29. Regresión del largo de raíz (cm) – altura de planta

La altura de planta depende del diámetro del cuello en un 77.23%, siendo que por cada mm que se incremente el diámetro del cuello se tendrá un incremento en la altura de la planta de 2.1968 cm (Figura 30).

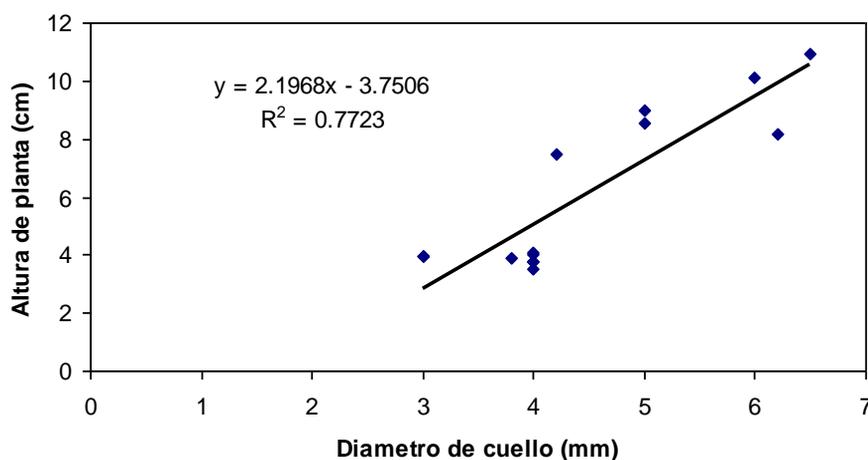


Figura 30: Regresión del diámetro de cuello (mm) – altura de planta

5.8.6 Análisis de Costos

El siguiente análisis comprende la relación beneficio-costos para la producción de plantines de *Cupressus sempervirens* L. con tres niveles de EM Bokashi.

Perrin (1998), menciona que el análisis económico que se efectúa para una producción en un determinado cultivo, permite elaborar recomendaciones que se ajusten de acuerdo a sus condiciones y necesidades del agricultor y que pueda utilizar y mejorar la productividad de sus recursos, y tales datos deben ser coherentes con sus objetivos y circunstancias económicas.

El análisis de presupuestos parciales, es el método que se utiliza para ordenar los datos, con el objetivo de determinar los costos y los beneficios de los tratamientos alternativos que se evalúan.

Cuadro 30: Costos e ingresos en Bs. a nivel experimental en la elaboración de EM Bokashi aplicado para la germinación de semillas de *Cupressus sempervirens L.*

Concepto	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T0
Carretilla EM Bokashi	200	200	100	100	100	100	0
Carretilla sustratobase	50	50	100	100	50	50	100
Semilla	34.28	34.28	34.28	34.28	34.28	34.28	34.28
Total Egreso	284.28	284.28	234.28	234.28	184.28	184.28	134.28
Ingreso	600	600	572	572	410	410	400
Beneficio neto	315.72	315.72	337.72	337.72	225.72	225.72	265.72
Beneficio/Costo	2.11	2.11	2.44	2.44	2.22	2.22	2.97

Fuente: Elaboración propia

Analizando el cuadro 30 se puede determinar que el tratamiento 1 y el tratamiento 2 son los que comparativamente mejores resultados en cuanto a la relación beneficio-costos presentan, ya que de acuerdo a lo mencionado por Perrin, (1998), dice que si los valores de esta relación son mayores a la unidad se trataría de un estado ventajoso en las ganancias, y agrega también que en los valores comparativos estos deben acercarse a cero. Los resultados de este análisis de costos concuerdan con lo obtenido en los análisis de campo en cuanto a que el tratamiento 1 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi y escarificación física en agua) es el tratamiento que mejores resultados obtuvo en altura de planta, número de hojas, diámetro de cuello y largo de raíz.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

De acuerdo a los objetivos propuestos en el presente estudio de investigación y los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

- La semilla de Ciprés, dentro de sus características morfológicas externas más importantes, presentan forma elíptica- redondeada, con las caras hundidas en el centro, con bordes delgados y redondeados. La cubierta de la semilla es castaño oscuro, corácea. La semilla de Ciprés (*Cupressus sempervirens L.*) tiene las siguientes dimensiones: Longitud de 5 mm, ancho de 4 mm y grosor de 1 mm.

Las características internas más representativas indica que presenta un hilo apical cilíndrico pequeño de color blanquecino, no se detecta marca rafeal, también presenta un embrión grande y muy notorio. El corte longitudinal indica que es una semilla exoalbuminada, de testa fina, cotiledones pequeños y planos. Por el tipo de germinación de la semilla se trata de germinación epigea, es decir los cotiledones emergen sobre el suelo, algunos plantines todavía con la testa que luego cae liberando la plúmula. Luego aparecen las primeras hojitas verdaderas que reemplazan a los cotiledones en la función de alimentar a la nueva planta

-Los tratamientos pre- germinativos de la semilla de Ciprés (*Cupressus sempervirens L.*) con referencia a:

La pureza de la semilla de acuerdo a las dos muestras analizadas tiene como promedio un 93 % de pureza, resultados obtenidos debido a que la semilla es relativamente grande fácil de separar de otros materiales ajenos a la muestra.

El número promedio de semillas por Kg. de peso es de 5,961.25. Así también se obtuvo que el peso de 1000 semillas es de 0.16775 kg .

El contenido de humedad de la semilla de Ciprés (*Cupressus sempervirens* L.) en muestras secas es de 12.2%

- La comparación entre los tratamientos de escarificación física en agua (96 horas) y estratificación en arena (15 días) frente al testigo demostraron que: el tratamiento pre- germinativo de escarificación física en agua por 72 horas es el que más porcentaje de germinación.

- El tratamiento N3 – P2 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi y escarificación física en agua) es el mejor para la germinación y emergencia de las semillas de Ciprés (*Cupressus sempervirens* L.) en fase de almacigo, frente a los demás tratamientos, alcanzando un porcentaje de 85.25 % de germinación.

En la prueba de viabilidad de las semillas se obtuvo que un 87.5 % de las semillas son viables y un 12.5 % serían semillas no viables o deformes.

- En cuanto al abono EM Bokashi, los valores de los nutrientes disminuyeron en su concentración en relación con la primera muestra llevada al laboratorio, esto debido a diversos conceptos, especialmente lixiviación, volatilización y remoción de algunos elementos como el nitrógeno que ahora muestra un valor de 0.63 % por causa de la preparación aeróbica de EM Bokashi y la acidificación del abono. El fósforo asimilable de la segunda muestra tiene un valor de 76.07 meq / 100 gr. El anión fosfato puede fijarse al humus por medio del calcio para formar humofosfato de calcio, al cual lo pueden extraer las raíces. El potasio muestra un valor de 5.62 meq/ 100gr sin embargo los valores obtenidos siguen demostrando que es un abono altamente efectivo, no solamente por que los valores de NPK, siguen siendo altos, sino también por que así lo demuestra la reacción C/N que tiene un valor de 17.09.

La presencia de biodiversidad en el suelo asegura muy poca fuga de elementos como nitrógeno y potasio porque los microorganismos lo utilizan e intercambian continuamente como en un banco, un depósito de los elementos esenciales. Estos

microorganismos reciclan los elementos a otros seres vivos como parte de la cadena alimenticia y de equilibrio.

- En el análisis de varianza relacionado con altura de la planta, se obtuvo un promedio de 6.09 cm., donde el tratamiento N3-P2 (1 parte de sustrato base + 2 Partes de EM Bokashi y escarificación física en agua) es el que tiene el valor más alto con 10.54 cm., frente al testigo que tiene una altura de de 3.78 cm.

El análisis de varianza para el número de hojas da como media un total de 17.63 hojas, donde el mayor numero de hojas se registro en el tratamiento N3- P2 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi y escarificación en agua), con 29 hojas, en tanto que el testigo tiene 12 hojas.

Para el largo de raíz, el análisis demuestra que el tratamiento N3-P2 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi y escarificación física en agua) tiene un largo de raíz de 9.25 cm., mientras que el valor más bajo se presenta en el tratamiento N2-P1 (1 parte de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi y estratificación en arena con un valor de 3.15 cm., y el testigo tiene un largo de raíz de 3.25 cm.

En el análisis de varianza en el diámetro de cuello, se obtuvo que el tratamiento N3-P2 (1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi y escarificación en agua) tiene 9.25 mm, mientras que el valor más bajo esta en el tratamiento N1-P2 (2 partes de sustrato base + 1 parte de EM Bokashi y estratificado en arena.

- El análisis de correlación realizado en pares entre las variables estudiadas (altura de la planta, número de hojas, largo de raíz, diámetro de cuello) demuestra que existe una alta correlación entre ellas pues el aumento de una significa el aumento consecuente de la otra.

- En la comparación de costos entre los tratamientos propuestos, se observa que el tratamiento que mejores resultados obtuvo en cuanto a altura de la planta, numero

de hojas, largo de raíz y diámetro de cuello, es el tratamiento N3-P2(1 parte de sustrato base + 2 partes de EM Bokashi y escarificación en agua), en el que se utilizó mayor cantidad de EM Bokashi, lo que hace que este tratamiento en comparación a los otros tratamientos propuestos sea el que justifica mejor las proporciones utilizadas de abono por tener una relación beneficio costo positiva.

6.2 Recomendaciones

- Iniciar investigaciones que permitan optimizar el uso de las diferentes utilidades de Ciprés (*Cupressus sempervirens L.*), para así comenzar con la comercialización de subproductos (leña, resina, medicamentos, ornamentos, enchapados) que ofrezcan beneficios a los usuarios.
- Llevar a cabo una producción masiva de plantines de Ciprés (*Cupressus sempervirens L.*) en vivero para forestar áreas verdes en nuestra ciudad.
- Reflexionar a la población sobre la importancia que tiene el conservar espacios verdes de esparcimiento dentro de la ciudad y así mismo el cuidado que se debe tener con los árboles.
- Difundir información acerca del beneficio que se puede obtener si se reutilizan material vegetal de desecho por la elaboración de distintos tipos de EM Bokashi.
- Se debe realizar una curva de pH para observar sus cambios durante el proceso de producción del abono, así como determinar si el pH y las altas temperaturas son los responsables de la estabilización de la actividad microbiana.
- Aplicar los conocimientos obtenidos en cuanto a la preparación, manejo y almacenamiento, para la producción masiva del abono orgánico EM Bokashi y su

posterior utilización en diversas especies no solo forestales sino también ornamentales

- Fundamental estudios acerca de otros microorganismos (algas, hongos, bacterias) que aceleren la fermentación de diferentes materiales vegetales.

- Se debe tener en cuenta que EM Bokashi es una tecnología, por lo que en su preparación se deben seguir las especificaciones sin omitir cantidades de material y temperatura sobre todo, porque algunos microorganismos patogénicas y malos olores podrían desarrollarse. Los materiales inmaduros producen gases y ácidos nocivos que quemar las raíces de los cultivos.

7. BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, O Y VARONA J. 1998.. Silvicultura. Editorial pueblo y Educación. La Habana Cuba. Pp. 28-71
- ALEXANDER, M. 1981. Introducción a la microbiología del suelo. México. Editorial AGT. SA. Pp.. 142-156.
- APNAN (Asia Pacific Natural Agriculture Network). 1999. Kyusei Nature Farming and the Technology of Effective Microorganism: Guidelines for practical use. Bangkok, Thai. Pp.44:13
- AYANS, A. 1985. Germinación, Siembra, Producción de Plantitas, Estaquillado y Crecimiento de *Pulownia tomentosa*. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Madrid- España. 17 p.
- BALTODANO, M; Sotomayor, F. 2002. Evaluación de Manejo de Desechos Orgánicos Domésticos en la EARTH. Trabajo de Graduación. EARTH, Guácimo Limón. C.R. 68 p
- BRADY, N; Weil, R. 1999. The nature and properties of soils. 12° ed. New Jersey, US. Prentice Hall. 881 p.
- CARL, W, 1980. Botánica. Traducido al español por la doctora De Col Irina L. Editorial Uthema. Mexico. Mexico DF. Pp 287-338.
- CALZADA,B. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Quinta Edición. Editorial "Milagros". S.H. Lima, Perú pp. 17-236.
- CATIE (Centro Agronómico del Trópico de Investigación y Enseñanza), 2003. Biofertilizantes y abonos orgánicos. Boletín Informativos. La Paz Bolivia. Pp 1-11

- DALZELLI, H. et al. 1987. Soils Management: Compost production and use in tropical and subtropical environments. Boletín FAO Soils no 56:20-28.
- DUFFUS, C y Slaughter A., 1985. Isas semillas y sus usos. Traducido al español por Fidel Marquez S. AGT. Editorial, S.A. México. México DF. Pp 88-89
- DURAN, N. 1980. Análisis de semillas. Pruebas de Germinación. Cochabamba. Bolivia. Pp.4-6
- EARTH (Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda) 2000. Bokashi. Tecnología Tradicional Adaptada para una Agricultura Sostenible y un Majo de desechos Moderno. Guia para uso practico. Primera Edición. Limón- Costa Rica.
- EMRO (EM Research Organizaron). 2004. EM (Effective microorganisms), an earth saving revolution. (En línea). Consultado 10 de Sep. 2006. Disponible en: <http://www.emro.co.jp/english/products/productsindex.html>
- ESPINOZA, K; Ubilla, M. 1998. Respuesta de la lechuga (*Lactuca sativa*, cv. Mantequilla) A la aplicación de Bokashi ¡y microorganismos eficientes (EM) en la región atlántica de Costa Rica. Trabajo de graduación. EARTH. p. 8-10
- FORMOWITZ. B. 2003. Bokashi composting and the effects of EM-Bokashi on growth of young and adult banana plants. University of Kassel, Germany. Trabajo de graduación. Pp 13-59.
- FUNDACION MOKITA OKADA, MOA. 1998. Microorganismos Eficaces (EM) y EM-Bokashi en la agricultura natural. Centro de Pesquisa, Ipeúna. Sao Paulo, Brasil. 23 p.

- GARCIA, O y RAMIREZ, V 1978. La toma de Muestras y la Interpretación del Análisis del Suelo. Programa de Suelos. Centro experimental Palmira. Instituto Colombiano Agropecuario- ICA- Palmira-Valle-Colombia. pp 5-120
- HANSEN, R. *et al.* 1995. The composting Process. (En línea). The Ohio State University. Consultado 31 oct 2006. Disponible en <http://ohioline.osu.edu/b792/index.html>
- HERBAS, R. 1997. Análisis agronómico e Impacto de diferentes sistemas de producción agroenergetico en el valle de Cochabamba. Cochabamba Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. Pp 8-15
- HIGA, T. 1994a. EM Technology Serving The World. Universidad de Ryukyus. Okinawa, Jap. 6 p.
- HIGA, T. 1995b. What is EM technology. Universidad de Ryukyus. Okinawa, Jap. 5 P-
- HIGA, T; Parr J. 1994. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. International nature farming research center, Atami, Jap. 43:4
- HURTADO, M Y MERINO, E. 1994. Cultivo de tejidos vegetales. Bioestadística aplicada al cultivo de tejidos vegetales. Editorial Trillas México. México DF. Pp 68-186
- ISTA (Asociación para el Ensayo de Semilla). 1973. Montes N 20/ 5. Roma Estudio FAO. Pp 4- 10
- LAMPRECHT, H. 1990. Selvicultura en los trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas. Posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Instituto de selvicultura de la Universidad de Göttingen. GTZ. Cooperación técnica. Republica Federal de Alemania

- MALDONADO, E. 1926. Arboricultura Forestal y de Adorno. Imprenta y librería “Artes y letras”, tomo 1. Santiago de Chile, 360 p.
- Manual de Interpretación de los Índices Físico químicos y Morfológicos de los Suelos Cubanos. Editorial Científico- Técnica. Ciudad de La Habana, Cuba. Ministerio de Agricultura 1984.
- MESON, M. Y MONTOYA, M 1993. Selvicultura Mediterránea (El cultivo del Monte) Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. Pp 77-260
- NRAES (Northeast Regional Agricultural Engineering Services). 1992. On-farm composting handbook. Ed. By Rynk R. Ithaca, Ny: Cooperative extension.
- OKUMOTO, S. 2003. Uso de inoculantes microbiano para la elaboración de abonos orgánicos. Escuela de la Agricultura de la Región Tropical Húmeda. San José de Costa Rica. Pp 28-32
- OTEGBEYE, R. Y OJE, S. 1995. Actividades de Recolección y Manipulación de Semillas de la sección de Semillas de la Estación de Investigación Forestal de la Sabana. Nigeria. Recursos Genéticos Forestales. FAO- Roma. 11 p.
- PADILLA, S. 1986. Producción de plantines Forestales en Vivero. Manual Silvoagropecuario del Servicio Silvoagropecuario (SESA). Universidad Nacional de Cajamarca (UNC). Tomo 5. Producción y uso de suelos y Agua. Lima Peru. Pp 45-49.
- PIETER, G. 1982. En busca de Proteínas. Revista de distribución Mensual, Julio N° 7 La Paz – Bolivia. 49 p.
- PRIMAVESI, A. 1982. Manejo ecológico del suelo. Trad. S Lerendegui. 5 ed. Buenos Aires, Ar. Editorial Florida. 499:94-118.

- RAMOS, M. 1990. Viveros Forestales. Universidad Autónoma Juan Misael caracho. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Carrera de Ingeniería Forestal. Tarija Bolivia. Pp 1-102.
- RESTREPO, J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados. Biofertilizantes foliares. San José de Costa Rica. IICA. Pp 1-56.
- RIVERO, L. 1998. Identifican levaduras presentes en fermentación del cocuy. (En línea). Fundacite Falcon. Consultado 8 nov 2006. Disponible en <http://www.funflc.org.ve/nota98.htm>
- RODRIGUES, F. 1982, Fertilizantes. Nutrición vegetal. AGT. Editores. Primera Edición. S.A. México DF. Pp 155.
- SANDOVAL, E. 1997. Silvicultura y manejo de plantaciones forestales. Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno. Facultad de Ciencias Agrícolas. Carrera de Ingeniería Forestal. Santa Cruz – Bolivia. 113 p.
- SASTRIQUES, S .1982. La materia orgánica del suelo y los humus del suelo de Cuba. La Habana, cuba. Academia de Ciencias de Cuba. Pag 13-59
- SCHNITZER, M y Khan, SU. 1978. Soil Matter: Development in soil science 8. Ámsterdam, NO. Elsevier Scientific Publishing Company. 319 p.
- SHINTANI, M. 2000. Bokashi. Tecnología para el Manejo de Desechos para la Producción Bananera. EARTH. Guácimo, Costa Rica. 6 p.
- SHINTANI, M. 2000a. Experiencias y tecnologías en el uso de desechos sólidos para la agricultura. (Presentación de power point). Consultado 8 nov 2004. Limón. CR. EARTH.
- SHINTANI, M. *et al.* 2000. Bokashi: abono orgánico fermentado. Tecnología tradicional adaptada para una agricultura sostenible y un manejo de desechos modernos. Universidad EARTH. Limón, CR. 25p

- SHINTANI, M. Tabora, P. 1999. Producción de bokashi para agricultura orgánica en trópicos. Universidad EARTH. Limón, CR. 10 p.
- SOTO, M. *et al.* 1998. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos (Compost, Vermicompost, Bokashi y Gallinaza) en diferentes dosis, en el establecimiento de una plantación de banano, clon "Gran Enano" en el proceso de renovación de plantaciones. EARTH. 11:5
- SOTO, M. Sf. Elaboración de abonos orgánicos a partir de desperdicios de banano. EARTH. Guácimo Costa Rica. 23 p.
- STEWARTt, J; Guerrero, O. 2003. Estudio de factibilidad para el establecimiento de una planta procesadora y comercializadora de bokashi en la ciudad de panamá. Trabajo de graduación. EARTH. 106 p.
- STEVENSON, F. 1986. Humus Chemistry, genesis, composition, reaction. New Cork. Editorial Jhon Wiley. Pag. 320- 400.
- SUQUILANDA, M. 1996. Agricultura Orgánica. Ediciones Fundación para el desarrollo agropecuario. Fundación Agraria. Pp 170-221.
- TORRICO,G REA, R. Y BECK S. 1997. Estudio sobre los árboles y arbustos de uso múltiple en los departamentos de Cochabamba y Chuquisaca (Valles secos interandinos) Proyecto Ejecutado por el Herbario Nacional de Bolivia. Instituto de Ecología, por encargo del Programa de Bosques Nativos (PROBONA). La Paz Bolivia. Pp 12-31.
- Universidad de Florida. 2004. Elements of composting. (En línea). Consultado 3 nov 2006. Disponible en <http://www.compostinfo.com/tutorial/ElementOfComposting.htm>

- VICKERY, L. Ecología de plantas tropicales. Editorial Limusa SA de Cv. México DF. Pp 23
- VILLANUEVA S. 1995. Tratamientos pre- germinativos aplicables asemillas forestales y frutales. Proyecto FAO/ Holanda/ CDF. Desarrollo Forestal Comunal en el Altiplano Boliviano. La Paz – Bolivia. Pp 1- 20.
- WILLIAM L.R. 1991. Guia para la manipulación de semillas forestales. Con especial referencia en trópicos. FAO. Roma. pp 110- 200.
- Woody Plant 1948. Seed manual. Prepared by the Forest Service. U.S. Departmente of Agriculture. Micellaneus Publication. 654 pag.
- YUFERA, E y CARRASCO L, 1973. Química Agrícola. Madrid, España. Editorial Alambra. Pp 50-72
- ZALLES, T. 1988. Manual Técnico Forestal. Silvicultura- Viveros. Escuela Técnica Superior Forestal. Misión Forestal Alemana. UNAS- GTZ. Cochabamba Bolivia. Pp 3- 37.
- ZAMUDIO a. 1992. Obtención de semillas y material vegetativo de árboles y arbustos. Proyecto escuela, Ecología y Comunidad campesina. Lima –Peru. Pp 11-43.