

**EVALUACION DE UN SUSTRATO COMPUESTO DE ASERRÍN Y COMPOST
DE RESIDUOS DE LA PLAZA DE MERCADO, PARA LA PROPAGACIÓN
SEXUAL DE ESPECIES FORESTALES EN EL VIVERO DEL CEA MOCOA,
PUTUMAYO**

OLGA NIDIA HOYOS SANTANA

**INSTITUTO TECNOLOGICO DEL PUTUMAYO
UNIDAD DE RECURSOS NATURALES
TECNOLOGÍA FORESTAL VI
MOCOA
2007**

**EVALUACION DE UN SUSTRATO COMPUESTO DE ASERRÍN Y COMPOST
DE RESIDUOS DE LA PLAZA DE MERCADO, PARA LA PROPAGACIÓN
SEXUAL DE ESPECIES FORESTALES EN EL VIVERO DEL CEA MOCOA,
PUTUMAYO**

OLGA NIDIA HOYOS SANTANA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Tecnóloga Forestal.**

Asesor:

**HERMAN EROT HOYOS MARTÍNEZ
Biólogo Universidad del Valle**

**INSTITUTO TECNOLOGICO DEL PUTUMAYO
UNIDAD DE RECURSOS NATURALES
TECNOLOGÍA FORESTAL VI
MOCOA
2007**

Nota de aceptación

A mi esposa y familia por su apoyo y comprensión

Y a la institución de la que soy parte por el apoyo que me brinda

Presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Mocoa, Julio de 2007

A mi esposo e hija; fuentes de mi inspiración.

Y a la memoria de mi suegra, que entrego su vida por el bienestar de sus hijos y nietos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios que con su gran misericordia ha permitido que pueda terminar este trabajo satisfactoriamente. A mi esposo, mis padres y suegros por su apoyo incondicional y entereza.

A mis compañeras Ángela y Andrea por brindarme su amistad, apoyo y alegría en muchos momentos difíciles.

A todos mis compañeros, en especial a Ofir, Carolina, Shirley, Evelio y Vilma por ser muy buenos compañeros.

A todos mis profesores por compartir sus conocimientos, por su paciencia y dedicación.

A las directivas de la subdirección de manejo ambiental de la CORPOAMAZONIA por permitirnos llevar acabo este ensayo en el vivero Agroforestal del Centro Experimental Amazónico CEA.

A la cooperativa de trabajo Asociado Agropecuaria y de Recursos Naturales por financiar este proyecto.

Al Biólogo Herman Erot Hoyos, mi esposo y Asesor Científico de esta investigación.

OLGA NIDIA HOYOS SANTANA

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
2. MARCO REFERENCIAL	16
2.1 ANTECEDENTES	16
2.1.1 El Vivero Agroforestal del CEA.	16
2.1.2 De la producción de Compost.	17
2.1.3 De la producción de aserrín de madera en el municipio.	18
2.2 MARCO TEORICO	18
2.2.1 La producción en vivero.	18

2.2.2	Sustratos para la germinación de semillas.	19
2.2.3	Germinación.	20
2.2.4	Desarrollo de la semilla.	21
2.2.5	Residuos orgánicos y el compostaje.	21
2.2.6	Proceso bioquímico del compostaje aeróbico.	22
2.2.7	Pruebas de hipótesis de una y dos muestras.	25
2.2.8	La distribución t-student.	26
2.2.9	El diseño experimentales clásico	27
2.3	MARCO LEGAL	28
3.	OBJETIVOS	31
3.1	GENERAL	31
3.2	ESPECÍFICOS	31
4.	JUSTIFICACIÓN	32
5.	HIPÓTESIS	34
6.	DISEÑO METODOLOGICO	35

6.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL CEA	35
6.2 MATERIALES	35
6.3 METODOS	35
6.3.1 Preparación del Sustrato a evaluar:	35
6.3.2 Prueba del incremento de la temperatura en el sustrato.	36
6.3.3 Preparación del sustrato testigo.	37
6.3.4 Especies a utilizar para la evaluación:	37
6.3.5 Procedimiento	37
6.3.6 Variables evaluadas	38
6.3.7 Diseño experimental y análisis de la información	38
7. RESULTADOS	40
7.1 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE MADURACIÓN DEL SUSTRATO	40
7.2 PORCENTAJES DE PRENDIMIENTO	41
7.3 CRECIMIENTO DE LAS PLANTULAS	42
7.3.1 Crecimiento en altura.	42

7.3.2 Crecimiento en número de hojas o folíolos.	42
7.4 PESO MEDIO DE LA PLANTULA	43
7.5 COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL SUSTRATO	44
8. ANALISIS DE LA RESULTADOS	46
8.1 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE MADURACIÓN DEL SUSTRATO	46
8.2 PORCENTAJES DE PRENDIMIENTO	46
8.3 CRECIMIENTO DE LAS PLANTULAS	47
8.4 PESO MEDIO DE LA PLANTULA	47
8.5 COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL SUSTRATO	48
9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
9.1 EL USO DE ASERRÍN Y COMPOST COMO SUSTRATO	49
9.2 PORCENTAJES DE PRENDIMIENTO	50
9.3 CRECIMIENTO EN SUSTRATOS DE ASERRÍN	51
9.4 DISMINUCIÓN EN EL PESO DE LA BOLSA	52
9.5 COSTOS DE PREPARACIÓN DEL SUSTRATO	53

10. CONCLUSIONES	55
11. RECOMENDACIONES	56
CITAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	59

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Parámetros Internacionales que definen la estabilidad del Compost.	30
Tabla 2. Resultados de análisis de laboratorio para muestras de compost de 90 días, generado aplicando la técnica tradicional de volteo manual	36
Tabla 3. Diseño experimental para la evaluación de las variables de interés	39
Tabla 4. Porcentaje de prendimiento (P) en bolsa con sustrato de aserrín y compost obtenido en un ensayo con 200 semillas de cuatro especies pregerminadas en el vivero del CEA	42
Tabla 5. Crecimiento medio en altura (Ca) de plántulas sembradas en bolsa con sustrato de aserrín y compost obtenido en el ensayo realizado con cuatro especies en el vivero del CEA	43
Tabla 6. Crecimiento medio en número de hojas (Ch) o folíolos de plántulas sembradas en bolsa con sustrato de aserrín y compost obtenido en el ensayo realizado con cuatro especies en el vivero del CEA	43
Tabla 7. Peso medio de la plántula (W) sembrada en bolsa con sustrato tradicional (S1) y con sustrato de aserrín y compost (S2) en el ensayo realizado en el vivero del CEA	44
Tabla 8. Costos de producción por bolsa para fase de vivero, utilizando una mezcla de compost y aserrín como sustrato en el ensayo realizado en el vivero del CEA	45
Tabla 9. Costos de producción por bolsa para fase de vivero, con el sustrato preparado y utilizado tradicionalmente en el vivero del CEA	45

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diseño experimental para la evaluación de las variables de interés	38
Figura 2. Registro de la temperatura en el sustrato de compost y aserrín en proceso de maduración en montón y en bolsa plástica durante un periodo de 90 días	41

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Sustrato de compost y aserrín recién mezclados	51
Anexo B. Mezcla de Compost y aserrín después de un proceso de maduración de 90 días	51
Anexo C. Plántulas de cachimbo (<i>Erythrina fusca</i>) de 30 días de transplantedas en bolsas con sustrato de aserrín y compost (Der) y Sustrato tradicional (Izq.).	52
Anexo D. Plántulas de Copoazú (<i>Theobroma grandifolrum</i>) de 60 días de transplantedas en bolsas con sustrato de aserrín y compost (Der.) y Sustrato tradicional (Izq.). compostaje	53
Anexo E. Plántulas de Leucaena (<i>Leucaena leucocephala</i>) de 60 días de transplantedas en bolsas con sustrato de aserrín y compost (Der.) y Sustrato tradicional (Izq.)	53
Anexo F. Plántulas de Nogal cafetero (<i>Cordia alliodora</i>) de 60 días de transplantedas en bolsas con sustrato de aserrín y compost (Der.) y Sustrato tradicional (Izq.).	54
Anexo G. Balanza tres barras utilizada en el pesaje de las bolsas con distinto sustrato.	54
Anexo H. Datos de campo obtenidos de la altura de las plántulas sembradas en sustrato tradicional (S1) y sustrato de compost y aserrín (S2)	55
Anexo I. Datos de campo obtenidos para el número de hojas de las plántulas sembradas en sustrato tradicional (S1) y sustrato de compost y	56

aserrín (S2).

Anexo J. Datos de campo obtenidos para el peso de las plántulas sembradas en sustrato tradicional (S1) y sustrato de compost y aserrín (S2). 57

Anexo K. Fórmulas estadísticas utilizadas para la prueba de hipótesis. 58

RESUMEN

Entre Agosto de 2006 y Marzo de 2007 se llevo acabo un ensayo en el vivero agroforestal del Centro experimental Amazónico CEA de Mocoa, para determinar la viabilidad del uso de un sustrato compuesto de aserrín y compost de residuos de la plaza de mercado en proporción 1:1 en peso.

El ensayo se realizo con plántulas de cuatro especies propagas en el vivero, Nogal cafetero (*Cordia alliodora*), Cachimbo (*Erythrina fusca*), Leucaena (*Leucaena leucocephala*) y copoazú (*Theobroma grandiflorum*) que actuaron como réplicas para evaluar el porcentaje de prendimiento en la bolsa, el crecimiento en altura y número de hojas por plántula, el peso final de la bolsa con la plántula y los costos de producción del sustrato, en contraste con el uso del sustrato tradicionalmente usado en el vivero, durante un periodo en vivero de 90 días.

Para las cuatro variables evaluadas no se encontraron diferencias significativas en comparación con los resultados obtenidos utilizando el sustrato tradicional a base de tierra negra, arena, aserrín y gallinaza en proporción de 6:2:1:1 respectivamente.

El ensayo permitió concluir que es factible el uso de aserrín fresco y sin ningún tipo de pretratamiento mezclado con el compost, como sustrato para el llenado de bolsas en la producción de material vegetal en vivero, sustituyendo el uso de tierra negra y arena que generan impacto ambiental, pero a la vez contribuyendo a un buen manejo por aprovechamiento de residuos orgánicos municipales.

INTRODUCCIÓN

Programas como el de familia guardabosques en varios municipios de la jurisdicción de Corpoamazonia, políticas de biodiversidad contextualizadas en planes como el plan de acción regional en Biodiversidad que está por entregar Corpoamazonia, políticas forestales que han llevado a la formulación de la reciente ley Forestal y a la ordenación de las reservas forestales en la jurisdicción de Corpoamazonia, políticas regionales de desarrollo proyectadas en el Plan de ordenación Agrícola, forestal y piscícola para el departamento del Putumayo, temas internacionales aplicables a la región como es el tema de producción de bienes y servicios ambientales, entre otros, apuntan a que las reforestaciones en masa y el establecimiento de plantaciones forestales, la agroforestería y los sistemas agroforestales, han de convertirse en las alternativas de producción sostenible para la región.

El desarrollo de estas actividades está demandando y va a demandar aún mucho más, gran cantidad de material vegetal de calidad y a bajos costos de producción, para ello se va a necesitar que los viveros con trayectoria en la región y los que se haga necesario instalar, adopten tecnologías limpias de producción en masa.

No obstante, estas técnicas más que buscar hacer despliegues tecnológicos importando materiales e insumos, deben favorecer lo local, contribuyendo al desarrollo integral y sostenible de las actividades productivas en el departamento; por ello se hace necesario evaluar el uso de materiales e insumos producidos en la región verificando que dicho uso contribuya a hacer un manejo sostenible de los recursos naturales, de la oferta ambiental y a la vez genere empleo y mueva la economía local.

Es precisamente eso lo que busca este ensayo, proponiendo el uso de materiales como el aserrín y el compost de residuos municipales, que son desechos que están generando impacto ambiental por una mala disposición, para ser utilizados como sustratos en la producción de material vegetal a granel en los viveros de la región.

La investigación muestra la factibilidad del uso de una mezcla de aserrín y compost en proporción 1:1 para el llenado de bolsas destinadas al crecimiento de especies agroforestales en el vivero del centro experimental Amazónico CEA.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es viable el uso de un sustrato de aserrín y compost producido con residuos sólidos de la plaza de mercado de Mocoa, para el llenado de bolsas destinadas a la siembra de plántulas en el vivero agroforestal del CEA?

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente el vivero Agroforestal del Centro experimental Amazónico CEA, usa como sustrato para el llenado de bolsas un compuesto de tierra negra, arena, aserrín y gallinaza compostada en proporción de 6:2:1:1; para este proceso Corpoamazonia compra en promedio 40 ton al año de tierra negra, que es traída de alguna finca cercana sin tener en cuenta el impacto generado al suelo por la pérdida de esta capa con alto contenido orgánico; esto va en contra vía a los preceptos del desarrollo sostenible, de mantenerse este tipo de prácticas la corporación no puede hablar de una producción limpia en el vivero del CEA.

Por otra parte la compra de tierra y arena eleva los costos de producción y este sustrato es bastante pesado e incrementa costos de transporte para llevar las plántulas a sitio definitivo; adicionalmente cuando la tierra adquirida es muy arcillosa, con la humedad se apelmaza en las bolsas, impidiendo el buen desarrollo de las raíces y por ende el crecimiento de la plántula.

En consecuencia se requiere de la evaluación de sustratos que permitan mejorar las condiciones de producción en este importante vivero agroforestal que presta servicios a la región, pero que sobre todo permita una producción limpia coherente con las políticas ambientales que maneja la corporación y que se traducen en objetivos del centro experimental amazónico CEA por medio de sus diferentes programas y proyectos.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 El Vivero Agroforestal del CEA. La Finca del Centro Experimental Amazónico CEA se encuentra ubicada en el kilómetro ocho de la vía que de Mocoa conduce a Villagarzón, en la Vereda San Carlos del Municipio de Mocoa putumayo, entre las coordenadas 1° 12' de latitud norte y 76° 36' de longitud al oeste y limita al Norte y Occidente con el Río Pepino, al Sur con la Quebrada La Ardita y predios privados, al Oriente con el Río Mocoa.

En un predio que ocupa un área total de 131,6 Ha, perteneciente a un bosque muy húmedo Tropical característico de la zona del piedemonte, con una altura que oscila entre los 470 y 670 msnm, temperatura media de 23.5 °C, brillo solar de 1.033,72 h/año, pluviosidad de 4.708 mm y humedad relativa del 85%¹.

El CEA se crea con el objeto de Promover el conocimiento científico y tradicional de los recursos naturales, identificando sus potencialidades y transfiriendo tecnologías que desarrollen sistemas productivos sustentables dentro de una economía regional que busque mejorar la calidad de vida en lo social, ambiental, económico y étnico.

En el CEA se mantienen cinco programas de trabajo en torno a los cuales se desarrollan las actividades para el cumplimiento del objeto del Centro; estos programas son: Estación Piscícola, Jardín Botánico de plantas medicinales, Hogar de paso para fauna decomisada, el programa de Educación Ambiental y Ecoturismo y el Vivero Agroforestal.

El vivero Agroforestal del CEA es un área destinada a la propagación de material vegetal y cuenta con eras para germinación de semillas y prendimiento de esquejes, caseta de embolsado y transplante a bolsa y patios de crecimiento con polisombra.

En el vivero agroforestal del CEA, se ha venido produciendo alrededor de cien mil plántulas por año, de diferentes especies, principalmente maderables, protectoras,

¹ Registros Históricos de la Estación meteorológica del CEA.

forestales ornamentales y frutales amazónicos; la mayor parte de la producción se ha hecho bajo el sistema tradicional que consiste en poner a germinar las semillas en eras y posteriormente transplantar las plantulillas a un sustrato de tierra, arena, aserrín y gallinaza empacado (en proporción de 6:2:1:1) en bolsas de polietileno, las cuales son llevadas a los patios de crecimiento bajo polisombra.

Esta técnica ha dado buenos resultados en la producción pero a altos costos de producción, principalmente en lo relacionado con el transporte hasta los lugares de las plantaciones y el transporte de la tierra y la arena que debe ser comprada en sitios distantes para preparar los sustratos en el vivero.

El vivero tiene tres objetivos primordiales²:

1. Desarrollar y validar técnicas apropiadas para la propagación vegetal de especies promisorias,
2. Promover el establecimiento de plantaciones y cultivos con especies promisorias de la región y la conservación "ex situ" de poblaciones de interés ecológico en la jurisdicción de Corpoamazonia.
3. Producir y suministrar material vegetal (plántulas) para el establecimiento de plantaciones, apoyar las iniciativas de reforestación y embellecimiento del paisaje rural y urbano.

También está en Mocoa el vivero forestal del Instituto Tecnológico del Putumayo ITP, que viene utilizando el mismo tipo de sustrato para la producción vegetal y que por consiguiente puede implementar el uso del sustrato a evaluarse en este ensayo.

2.1.2 De la producción de Compost. La producción de compost a partir de residuos orgánicos de la plaza de mercado de Mocoa surge como una iniciativa de la Cooperativa de Trabajo Asociado Agropecuaria y de Recursos Naturales "CTA EL AMPARO" de Orito Putumayo y con sede en Mocoa, quien apoyo la formulación e implementación del Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos en la plaza de mercado del Municipio de Mocoa³ y presento un proyecto a Corpoamazonia para la transformación de los restos vegetales de la plaza de mercado en compost; para este proyecto la cooperativa realizó el estudio de

² HOYOS, H. E. 2005. Diagnóstico del CEA. Informe contrato 076/2005. CORPOAMAZONIA.

³ CORDOBA L. & MEJIA C. 2005. Formulación e Implementación del Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos en la plaza de mercado del Municipio de Mocoa. Trabajo de pasantía, Tecnología Ambiental del Instituto Tecnológico del Putumayo.

factibilidad técnica mediante un ensayo preliminar de compostaje en una de las casetas del relleno sanitario. Actualmente un socio de la cooperativa está trabajando su tesis de pregrado en la Evaluación de dos técnicas aplicadas al proceso de compostaje de residuos orgánicos de plaza de mercado en el Municipio de Mocoa, con el objeto de optimizar el proceso de producción y la calidad del producto final⁴ con análisis de laboratorio para determinar sus propiedades fisicoquímicas.

La plaza de mercado genera 16 toneladas métricas de restos vegetales por mes, los cuales pueden ser transformados en 4 ton de compost seco de muy buena calidad, en un proceso de compostaje de 90 días según el ensayo preliminar realizado por la cooperativa de trabajo Asociado CTA EL AMPARO⁵.

2.1.3 De la producción de aserrín de madera en el municipio. No se han hecho estudios de la cantidad de aserrín que producen las 8 aserradoras que operan en el casco urbano de Mocoa, pero si es conocido que el aserrín delgado (del disco de ripiado o de la sin fin) generalmente va a parar a los ríos de Mocoa, caso del Sangoyaco y el Mulato en los que puede apreciarse las rumas de aserrín sobre sus riveras, siendo que aún no se le ha dado un uso adecuado a este tipo de desperdicios, a diferencia de la viruta (producto de la cepilladora o discos grandes) que es utilizada como cama en la cría de pollos.

Según los planes de manejo de la aserradora "Don Chacua" y "Maderas Coral" la producción de aserrín es el doble de la producción de viruta y se produce un promedio de cien bultos mensuales, que generalmente se amontonan en un patio a la espera de que alguien los lleve para abono, cargar ganado o simplemente es arrastrado por el agua hasta el río Sangoyaco.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 La producción en vivero. El lugar donde se realiza la producción de plántulas se denomina vivero. En el se producen las plántulas en cantidad y calidad necesarias para la plantación en el sitio definitivo. Según el tiempo de

⁴ANGULO J. & FAJARDO C. 2006. Proyecto "Evaluación de dos técnicas aplicadas al proceso de compostaje de residuos orgánicos de plaza de mercado en el municipio de Mocoa-Putumayo. Propuesta de Trabajo de grado de Profesional en Agroforestal de la UNAM Pitalito Huila.

⁵HOYOS H. E. 2005. Informe técnico para el estudio de factibilidad técnica del proyecto "Elaboración de Copost con restos vegetales de la plaza de mercado de Mocoa". CTA ELAMPARO.

permanencia del vivero, este puede ser permanente o transitorio. Los viveros permanentes son aquellos destinados a la producción de grandes cantidades de plántulas en forma continua. Los transitorios son aquellos cuyo objetivo es la producción y abastecimiento de plántulas a proyectos transitorios. El vivero del CEA, es un vivero permanente destinado al abastecimiento de material vegetal de diferentes programas de reforestación y a las iniciativas de las comunidades dispuestas a establecer plantaciones agroforestales.

La producción en vivero es una secuencia de actividades diversas, sencilla y con diferentes alternativas. La primera actividad dentro de la producción en vivero es la elección del tipo de producción; que puede ser: Tradicional (métodos convencionales) o no Tradicional (tecnologías innovadoras). Dependiendo de esta decisión se determinan las actividades del proceso. La decisión se basa en la condición del vivero si será permanente o no, de la cantidad de plantas a producir, de las distancias a las plantaciones, de las especies e incluso del hábito de germinación y costo de las semillas que determinan el uso de determinados sistemas⁶.

El sistema de producción en vivero tradicional recoge una serie de actividades desde la preparación del sustrato hasta el transplante a bolsa o eras para raíz desnuda o pseudo estacas. Este ha sido el sistema mediante el cual el vivero del CEA ha venido produciendo material vegetal para atender a usuarios de todo el departamento.

Por otra parte el sistema no tradicional contempla varias alternativas innovadoras y el uso de nuevos productos que no requieren el uso del sustrato tradicional, tales como el oasis, pellets o pastillas jiffy con sustitos de turba y la estimulación del crecimiento con biofertilizantes y organismos simbióticos como las Micorrizas y Rizobium, pero pese a que estas alternativas aún no han sido evaluadas en el CEA, es conocido que generalmente son costosas y algunas solo sirven para especies con semillas relativamente pequeñas, puesto que los pellets ofrecidos en el mercado son de tamaño pequeño, razón por la cual es de esperarse que la siembra en bolsas continúe aunque se implementen parcialmente estas nuevas tecnologías; además otros sistemas no tradicionales como la siembra en bandejas plásticas, también requieren de un sustrato para su llenado⁷.

2.2.2 Sustratos para la germinación de semillas. Para elegir el sustrato se deben tener en cuenta las necesidades de las plántulas y lo limitado del espacio para efectuar procedimientos y manejos adecuados, como:

⁶ NAVARRETE T. E. 2002. Manual de árboles, primera edición. Bogotá DC Colombia. p. 109 -112.

⁷Ibid., p.51 .

Agua: Vital para los procesos fisiológicos. El sustrato debe poseer una capacidad de retención de humedad para proveer a la semilla el agua que necesite.

Aire: esencial para la respiración del sistema radicular, el sustrato debe permitir un aporte constante de Oxígeno y la liberación de CO₂. Las plántulas cultivadas en medios orgánicos necesitan más oxígeno que las cultivadas en medios minerales, debido a que los microorganismos también son demandantes de oxígeno. El sustrato debe ser suficientemente poroso como para permitir un libre intercambio gaseoso.

Soporte físico: el sustrato suelto favorece la penetración de la raíz y el desarrollo de la plántula.

Es favorable que el sustrato posea un equilibrio entre las fases sólida, líquida y gaseosa haciendo eficaz el uso de un espacio reducido. En germinación no se requieren sustratos fértiles dado que la semilla depende de sí misma en su primera etapa de desarrollo. En algunos logares es posible usar sustratos propios de la región, generalmente originados en procesos industriales como aserrín y carboncillo.

Para la germinación es común usar un sustrato compuesto por arena, tierra limosa en proporción 2:1. El pH del sustrato controla la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes, para la mayoría de las especies el rango óptimo se encuentra entre 5.5 a 7.0; cuando es necesario reducirlo, se aplica sulfato de amonio y para aumentarlo, nitrato de calcio. Es posible utilizar turba, la cual es un buen sustrato de germinación.

2.2.3 Germinación. La germinación de la semilla es el desarrollo del embrión, hasta la formación de la planta. Este proceso ocurre si las condiciones ambientales: luz, humedad, oxígeno, temperatura y sustrato son propicias.

En condiciones de vivero el **agua** necesaria para el inicio y desarrollo normal de la germinación es suministrada por el riego. Durante la germinación, el sustrato debe permanecer húmedo pero sin excesos, si se interrumpe la humedad, la radícula o la semilla pueden morir. La **luz**, hace parte del medio ambiente del vivero, amerita ser regulada de acuerdo con la especie. Bajo condiciones corrientes, las semillas se siembran enterradas y germinan de una manera normal; la tierra usada en los germinadores no es totalmente impermeable a la luz y permite que esta llegue hasta la semilla. La temperatura debe tener en cuenta las condiciones del hábitat original de la especie y el promedio del vivero, sin

embargo se puede regular con invernaderos, especialmente para lograr un aumento y mejorar las condiciones de producción o simular la temperatura del medio natural de la especie.

La temperatura ideal corresponde a un nivel igual o superior al hábitat natural de las especies, así las especies de zonas bajas o cálidas requieren una mayor temperatura que aquellas de zonas altas o frías. El oxígeno está siempre presente, es necesario para la respiración (producción de energía), pero se facilita cuando el sustrato es suficiente poroso, dado que está presente en las porosidades del suelo. el sustrato es el medio de arraigo de la semilla, es importante que esté libre de patógenos y lo suficientemente suelto como para permitir un fácil desarrollo de la raicilla, que tenga capacidad de retención de agua, de fácil manejo y bajo costo⁸.

2.2.4 Desarrollo de la semilla. Las etapas iniciales para la germinación son similares en todas las plantas; en una primera etapa, la semilla se hincha, luego emerge la radícula, se desarrolla y forma la raíz primaria, que usualmente tiene un crecimiento rápido para permitir la fijación de la plántula al suelo; de este paso común, sigue el desarrollo de la plúmula o tallito y la germinación continúa en forma epigea o hipogea.

En la germinación epigea los cotiledones se observan por encima de la superficie del suelo, frecuentemente con la de la semilla todavía prendida a ellos; después de pocos días los cotiledones aumentan de tamaño y se independizan de la testa, dejándola caer al suelo.

En la germinación hipogea los cotiledones quedan debajo de la tierra, hay un crecimiento rápido del tallito y la formación de las hojas primarias que inician el crecimiento rápido del tallito y la formación de las hojas primarias que hincan el proceso fotosintético; los cotiledones, quedan debajo de la superficie del suelo como fuente de alimentos de la planta, mientras esta fotosintetiza los diferentes compuestos necesarios para su desarrollo⁹.

2.2.5 Residuos orgánicos y el compostaje. Los residuos orgánicos son aquellos que tienen la propiedad de ser degradados por acción de microorganismos para formar productos finales sencillos, de manera natural en el medio ambiente y

⁸ Ibid., p. 31

⁹ Ibid., p. 18

también de forma artificial o bajo ciertas condiciones de manejo conocidas generalmente como compostaje.

Así, el compostaje es la descomposición del material orgánico como resultado de la actividad de los diferentes microorganismos presente en ella, tales como bacterias, hongos, actinomicetos y protozoarios y otros que llegan de la atmósfera, para generar un producto final llamado compost o abono orgánico.

En la actualidad los procesos de compostación son poco comunes, entre nosotros, pues los ingresos obtenidos no compensan sus costos y su mercadeo es restringido. Aun así, la compostación se convertirá en el método más económico para el manejo de los residuos sólidos orgánicos, en especial para pequeños municipios y comunidades. En el futuro, los factores que influenciarán dichos procesos como método de transformación de los residuos sólidos orgánicos, serán las relaciones costo/beneficio, los estándares de calidad ambiental, las exigencias del uso del reciclaje por parte de las reglamentaciones gubernamentales y el aumento en el nivel educativo de las comunidades¹⁰.

El compost no se puede considerar un fertilizante integral, pero su valor radica en su alto contenido orgánico como acondicionador de suelos, el cual permite que los suelos pobres mejoren su contenido de nutrientes y aumenten su capacidad de almacenamiento de humedad; la compostación permite el reciclaje de los residuos orgánicos sin afectar sanitariamente la calidad de los suelos, corrientes de agua y de aire.

2.2.6 Proceso bioquímico del compostaje aeróbico. Se caracteriza por el predominio de los metabolismos respiratorios aerobios y por la alternancia de etapas mesotérmicas (10-40°C) con etapas termogénicas (40-75°C), y con la participación de microorganismos mesófilos y termófilos respectivamente. Las elevadas temperaturas alcanzadas, son consecuencia de la relación superficie/volumen de las pilas o camellones y de la actividad metabólica de los diferentes grupos fisiológicos participantes en el proceso. Durante la evolución del proceso se produce una sucesión natural de poblaciones de microorganismos que difieren en sus características nutricionales (quimioheterotrofos y quimioautotrofos), entre los que se establecen efectos sintróficos y nutrición cruzada.

Debemos distinguir en una pila o camellón dos regiones o zonas:

¹⁰ www.compostando.com. Manual de Compostaje Doméstico; Julio del 2004.

- ♦ la zona central o núcleo de compostaje, que es la que está sujeta a los cambios térmicos más evidentes, y
- ♦ la corteza o zona cortical que es la zona que rodea al núcleo y cuyo espesor dependerá de la compactación y textura de los materiales utilizados.

El núcleo actúa como zona inductora sobre la corteza. No obstante, todos los procesos que se dan en el núcleo, no alcanzan la totalidad del volumen de la corteza. A los efectos prácticos y utilizando como criterio las temperaturas alcanzadas en el núcleo, podemos diferenciar las siguientes etapas:

- **Etapas de latencia:** es la etapa inicial, considerada desde la conformación de la pila hasta que se constatan incrementos de temperatura, con respecto a la temperatura del material inicial. Esta etapa, es notoria cuando el material ingresa fresco al compostaje. Si el material tiene ya un tiempo de acopio puede pasar inadvertida. La duración de esta etapa es muy variable, dependiendo de numerosos factores.

Si son correctos: el balance C/N, el pH y la concentración parcial de Oxígeno, entonces la temperatura ambiente y fundamentalmente la carga de biomasa microbiana que contiene el material, son los dos factores que definen la duración de esta etapa. Con temperatura ambiente entre los 10 y 12 °C, en pilas adecuadamente conformadas, esta etapa puede durar de 24 a 72 hs.

- **Etapas mesotérmica 1 (10-40°C):** en esta etapa, se destacan las fermentaciones facultativas de la microflora mesófila, en concomitancia con oxidaciones aeróbicas (respiración aeróbica). Mientras se mantienen las condiciones de aerobiosis actúan Euactinomicetos (aerobios estrictos), de importancia por su capacidad de producir antibióticos. Se dan también procesos de nitrificación y oxidación de compuestos reducidos de Azufre, Fósforo, etc. La participación de hongos se da al inicio de esta etapa y al final del proceso, en áreas muy específicas de los camellones de compostaje. La etapa mesotérmica es particularmente sensible al binomio óptimo humedad-aireación. La actividad metabólica incrementa paulatinamente la temperatura. La falta de disipación del calor produce un incremento aún mayor y favorece el desarrollo de la microflora termófila que se encuentra en estado latente en los residuos. La duración de esta etapa es variable, depende también de numerosos factores.

constante por un cierto período aún cuando la gran mayoría de la población se haya hecho no viable.

Las características descritas, corresponden a un compost en condición de estabilidad. Esta condición se diagnostica a través de diversos parámetros. Algunos de ellos, se pueden determinar en campo (temperatura, color, olor), otras determinaciones se deben realizar en laboratorio¹¹.

2.2.7 Pruebas de hipótesis de una y dos muestras. Para el análisis de los resultados se tendrán en cuenta los siguientes conceptos¹²:

➤ **Conceptos generales sobre prueba de una hipótesis estadística:**

- a. Una hipótesis estadística es una aseveración sobre los parámetros de una o más poblaciones.
- b. Para probar una hipótesis estadística tomamos una muestra aleatoria de la población en estudio y utilizamos los datos de la muestra para proporcionar evidencia que apoye o no la hipótesis.
- c. El término *hipótesis nula* se refiere a cualquier hipótesis que deseamos probar y se denota con H_0 .
- d. El rechazo de la hipótesis nula conduce a la aceptación de una *hipótesis alternativa*, que se denota con H_1 .
- e. Aunque se establezca la hipótesis nula con un signo igual, se entiende que incluye cualquier valor no especificado por la hipótesis alternativa.
- f. La estructura de la hipótesis nula se plantea de modo que se especifique un valor exacto del parámetro (o contenga la igualdad), mientras que la hipótesis alternativa permite la posibilidad de varios valores.
- g. Una vez planteada la estructura de la prueba de hipótesis, el rango del estadístico de prueba queda dividido en dos regiones, denominadas *región crítica* y *región de aceptación*. Las fronteras entre las regiones crítica y de aceptación reciben el nombre de *valores críticos*.
- h. El *error de tipo I* se define como la probabilidad de rechazar la hipótesis nula, cuando ésta es verdadera.

¹¹ SZTERN DANIEL & PRAVIA MIGUEL A. 2.000. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD OPS/HEP/HES/URU/02.99. p. 20

¹² Probabilidad y Estadística – <http://web.frm.utn.edu.ar/estadistica>

- i. El *error de tipo II* se define como la aceptación de la hipótesis nula, cuando ésta es falsa.
- j. Se denomina *nivel de significancia* a la probabilidad de cometer un error de tipo I y se denota con la letra griega α .
- k. Para calcular la probabilidad de cometer un error de tipo II, no es necesario plantear una hipótesis alternativa específica.
- l. Si el nivel de significancia de una prueba de hipótesis es $\alpha = 0,05$, significa que, si la hipótesis nula es cierta, existe una probabilidad igual a 0,05 de rechazarla.
- m. Para calcular la probabilidad de cometer un error de tipo II, que se denota con la letra griega β , es necesario tener una hipótesis alternativa específica, esto es, debe proponerse un valor específico del parámetro que se prueba.
- n. El nivel de significancia en una prueba de hipótesis permanece insensible al tamaño de la muestra.
- o. Las pruebas de hipótesis sólo son aplicables a distribuciones normales.
- p. Si se acepta la hipótesis nula al nivel de significancia de 0,05, la probabilidad de cometer un error de tipo II siempre será igual a 0,95.
- q. Las pruebas de hipótesis sólo pueden ser utilizadas para hacer inferencias sobre las medias de las poblaciones.
- r. A veces, la región crítica para la hipótesis alternativa $q > q_0$ se encuentra en la cola derecha de la distribución de la estadística de prueba.
- s. Una prueba con hipótesis alternativa *bilateral* del tipo $q \neq q_0$, se llama *prueba de dos colas*, pues la región crítica se divide en dos partes, las que a menudo tienen probabilidades iguales que se colocan en cada cola de la distribución de la estadística de prueba.
- t. La posición de la región crítica se puede determinar sólo después de establecer la hipótesis alternativa.
- u. Para determinar cuál hipótesis se establecerá como H_0 y cuál como H_1 , si la afirmación sugiere una sola dirección como *mayor que*, *menor que*, *superior a*, *inferior a*, entonces H_1 se debe establecer con el uso del símbolo de desigualdad que corresponda a la dirección sugerida ($<$ o $>$).
- v. Para determinar cuál hipótesis se establecerá como H_0 y cuál como H_1 , si la afirmación no sugiere ninguna, entonces H_1 se establece con el signo de diferente (\neq).

2.2.8 La distribución t-student. Permite evaluar probabilidades correspondientes a la media muestral cuando la población sea normal, la varianza desconocida y el tamaño de la muestra pequeño (menor a 30). La fórmula para el cálculo está dado por:

$$T \text{ cal} = \frac{S_2 - S_1}{\sqrt{n} / \delta_2}$$

Donde S_2 y S_1 son las medias estimadas para las variables en los tratamientos; n el número de repeticiones en el experimento y δ_2 la desviación estándar para la variable del tratamiento a evaluar.

2.2.9 El diseño experimentales clásico. Un diseño experimental es una regla que determina la asignación de las unidades experimentales a los tratamientos. Aunque los experimentos difieren unos de otros en muchos aspectos, existen diseños estándar que se utilizan con mucha frecuencia. Algunos de los más utilizados son los siguientes.

➤ **Diseño completamente aleatorizado (DCA).**

En este diseño el experimentador asigna las unidades experimentales a los tratamientos al azar. La única restricción es el número de observaciones que se toman en cada tratamiento. De hecho si n_i es el número de observaciones en el i -ésimo tratamiento, $i = 1, \dots, l$, entonces, los valores n_1, n_2, \dots, n_l determinan por completo las propiedades estadísticas del diseño. Naturalmente, este tipo de diseño se utiliza en experimentos que no incluyen factores bloque.

El modelo matemático de este diseño tiene la forma:

$$\text{Respuesta} = \text{Constante} + \text{Efecto tratamiento} + \text{Error}$$

➤ **Ventajas del DCA**

Cuando en un experimento las unidades experimentales se arreglan bajo un Diseño completamente al azar se tienen las siguientes ventajas:

- ◆ **Flexibilidad:** Cualquier número de tratamientos y cualquier número de réplicas pueden ser usadas, siempre y cuando se tengan suficientes UE homogéneas.
- ◆ **Análisis Estadístico simple:** el análisis estadístico es simple ya sea cuando todos los tratamientos tengan igual número de réplicas (balanceado), diferente número de réplicas (desbalanceado) o pérdida de datos, caso en el cual se trata como un análisis desbalanceado.
- ◆ **Máximo número de grados de libertad para el error:** Esto ocurre porque el diseño tiene solo dos fuentes de variación que son los tratamientos y el

error y los grados de libertad para este error están dados por la expresión $t(r - 1)$.

- ◆ Precisión: Es muy preciso si se tienen en cuenta UE homogéneas.

➤ Desventajas

Se puede obtener baja precisión cuando las unidades experimentales no sean muy homogéneas y así ser ineficiente.

➤ Usos

- ◆ Es recomendado cuando es posible que gran parte de las UE no respondan al tratamiento o puedan perderse durante el experimento.
- ◆ Es útil en experimentos en los que el número de UE es limitado, ya que provee el máximo número de grados de libertad del error.

2.3 MARCO LEGAL

2.3.1 Constitución Política de Colombia. La constitución política determina los artículos 79, 80 y en el numeral 8 del artículo 95, la obligación del estado de proteger la diversidad del ambiente de prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental y el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano; así mismo consagra como deber de las personas y del ciudadano proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.

2.3.2 Ley 99 de 1993, artículo 35. Sobre las funciones de Corpoamazonia dice: La Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia - CORPOAMAZONIA- además de las funciones propias de las Corporaciones Autónomas Regionales, tendrá como encargo principal promover el conocimiento de los recursos naturales renovables y del medio ambiente del área de su jurisdicción y su utilización, fomentar el uso de tecnología apropiada y dictar disposiciones para el manejo adecuado del ecosistema amazónico de su jurisdicción y el aprovechamiento sostenible y racional de sus recursos naturales renovables y del medio ambiente, así como asesorar a los municipios en el proceso de planificación ambiental y reglamentación de los usos del suelo y en la

expedición de la normatividad necesaria para el control, preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural de las entidades territoriales de su jurisdicción.

2.3.3 Ley 1021 de 2006, "ley general Forestal", artículo 2. Sobre los principios y normas generales para el desarrollo de los objetivos y estrategias de la política forestal en Colombia.

2.3.4 Decreto 2811 de 1974. En el artículo 34, establece que para el manejo de los residuos sólidos se utilizarán los mejores métodos, de acuerdo con los avances de la ciencia y tecnología, para la recolección, tratamiento, procesamiento o disposición final de residuos sólidos, basuras, desperdicios y en general, de desechos de cualquier clase.

2.3.5 Decreto 1713 de 2002. En el artículo 69, establece que los municipios y distritos superiores a 8.000 usuarios del servicio público, al elaborar el respectivo Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS, están en la obligación de analizar la viabilidad de realizar proyectos sostenibles de aprovechamiento de residuos; en caso de que se demuestre la viabilidad y sostenibilidad de los proyectos, el Municipio y Distrito tendrá la obligación de promoverlos y asegurar su ejecución acorde con lo previsto en este decreto.

Este mismo decreto en el artículo 72, establece que para el compostaje y lombricultura los residuos no deben estar contaminados con residuos peligrosos, metales pesados, ni bifenilos policlorados. En el artículo 78, establece como requisitos previos para comercialización de materia orgánica estabilizada que los productos finales obtenidos mediante procesos de compostaje y lombricultura, deben cumplir los requisitos de calidad exigidos por las autoridades agrícolas y de salud en cuanto a presentación, contenido de nutrientes, humedad, garantizar que no tienen sustancias y/o elementos peligrosos que puedan afectar la salud humana, el medio ambiente y obtener sus respectivos registros.

Tabla 1. Parámetros Internacionales que definen la estabilidad del Compost.

Temperatura	Estable
Color	Marrón oscuro-negro ceniza
Olor	sin olor desagradable
PH	alcalino (anaerobic. ,55°C,24 hs)
C/N	> =20
Nºde termófilos	decreciente a estable
Respiración	0 < 10 mg/g compost
Media	0 < 7.5 mg/compost
COD	< 700 mg/g (peso seco)
ATP	decreciendo a estable
CEC	> 60 meq/100 libre de cenizas
Actividad de enzimas hidrosolubles	Incrementándose-estable
Polisacáridos	< 30-50 mg glucidos/g. peso seco
Reducción de azucares	35%
Germinación	< 8
Nemmatodes	Ausentes

Fuente: Sztern & Pravia, 2000 p. 20

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Evaluar el uso de un sustrato compuesto de aserrín de maderas bastas, recolectado en aserradoras urbanas y compost de residuos de la plaza de mercado, en la técnica de siembra en bolsa de polietileno practicada en el vivero Agroforestal del centro experimental Amazónico CEA de Mocoa putumayo, como posible sustituto al actual sustrato a base de tierra negra y arena.

3.2 ESPECÍFICOS

- ◆ Preparar un sustrato en proporción 1:1 con aserrín de maderas bastas y compost de residuos sólidos de la plaza de mercado para el llenado de bolsas en la producción de vivero Agroforestal.
- ◆ Establecer si la mezcla del aserrín con el compost requiere de un tiempo de maduración para evitar incrementos en la temperatura o procesos de descomposición anaeróbica que puedan afectar las plántulas.
- ◆ Determinar si el sustrato preparado permite un porcentaje de prendimiento adecuado de semillas germinadas que se transplantan a las bolsas plásticas para la fase de crecimiento bajo polisombra.
- ◆ Determinar si el sustrato preparado permite un crecimiento adecuado de las plántulas transplantadas a bolsas plásticas durante la fase de crecimiento bajo polisombra.
- ◆ Determinar si el uso de este sustrato disminuye el peso final de la plántula en la bolsa al momento de llevarlo a sitio definitivo.
- ◆ Determinar si el uso de este sustrato disminuye los costos de producción de plántulas en el vivero del CEA.

4. JUSTIFICACIÓN

Los programas desarrollados en el CEA se articulan claramente con la misión institucional de Corpoamazania, y en consecuencia trianualmente se asignan recursos para su operación, basados en metas claramente definidas en los planes de acción trianual PAT y Planes operativos anuales POMA. Así por ejemplo en el PAT 2004- 2006 se tenía establecido "Definir, reglamentar, adoptar y aplicar una estrategia de Funcionamiento y Manejo para consolidar el CEA de Mocoa como un Centro de Formación y Educación Ambiental, Validación y Transferencia de Tecnología, autónomo y sostenible", como una de las actuaciones en la Línea de Gestión "**Fortalecimiento Institucional y de la Comunidad (FIC)**" y por su parte en el plan operativo anual POA CEA 2006, se estableció como una de las actividades para el vivero, evaluar un sustrato que mejore las actuales condiciones de producción de especies forestales.

Este fortalecimiento institucional continúa en proyección por el PAT 2007-2009 en el que se propone ejecutar un Plan de Ordenación y Manejo POMA CEA.

Dada la magnitud y la importancia que ha alcanzado el vivero del CEA en los últimos años y el incremento en la demanda de material vegetal para atender los programas de reforestación y las iniciativas de las comunidades para establecer plantaciones forestales o cultivos productivos con estas especies y más ahora con la aprobación del programa de Familias guardabosques para el municipio de Mocoa, se hace necesario incrementar la producción en el vivero, mejorar la calidad de las plántulas con la adopción de tecnologías limpias y disminuir costos, principalmente en lo relacionado a transporte que dadas las distancias a las cuales hay que trasladar el material es uno de los costos que más se incrementa bajo el sistema actual de producción.

Pero lo más importante es que el uso de este tipo de sustratos permite por una parte dar una buena disposición final a los residuos orgánicos municipales que generan graves problemas de contaminación, aprovechando el aserrín que es arrojado a los ríos y los restos vegetales de la plaza de mercado, restaurantes y en un futuro domiciliarios, que por sus altos volúmenes hacen que el relleno sanitario municipal tenga una vida útil más corta. Por otra parte se va a frenar el impacto ambiental generado por la extracción de tierra negra para venderle a los viveros, actividad que va en contra del desarrollo sostenible y producción limpia por los procesos de erosión generados en las fincas de donde se extrae.

De dar buenos resultados el uso de este sustrato, no solo le será de utilidad al vivero del CEA, si no que también podrá ser implementado su uso en el vivero del tradicional y en viveros instalados por iniciativas de las comunidades, municipales y al crecimiento de las microempresas que producen el compost.

5. HIPÓTESIS

Las hipótesis a probar con la presente investigación fueron las siguientes respecto al sustrato de aserrín y compost en comparación con el sustrato tradicional utilizado para el llenado de bolsas en el vivero del CEA.

1. El sustrato preparado con Aserrín y Compost permite un porcentaje de prendimiento de plántulas pregerminadas mayor o igual al obtenido con el sustrato tradicional usado en el vivero del CEA.

Hipótesis estadística, siendo P1 el porcentaje de prendimiento estimado para el sustrato tradicional y P2 para el Sustrato de aserrín y comspost:

$$H_0: P1 = P2$$

$$H_a: P1 \neq P2$$

2. El sustrato preparado con Aserrín y Compost permite un crecimiento (en altura) de plántulas pregerminadas mayor o igual al obtenido con el sustrato tradicional usado en el vivero del CEA.

Hipótesis estadística, siendo C1 el crecimiento estimado para el sustrato tradicional y C2 para el Sustrato de aserrín y comspost:

$$H_0: C1 = C2$$

$$H_a: C1 \neq C2$$

3. El sustrato preparado con Aserrín y Compost permite obtener un peso final de la bolsa con la plántula menor o igual al obtenido con el sustrato tradicional usado en el vivero del CEA.

Hipótesis estadística, siendo W1 el peso final estimado para bolsas con el sustrato tradicional y W2 para bolsas con el Sustrato de aserrín y comspost:

$$H_0: W1 = W2$$

$$H_a: W1 \neq W2$$

4. El sustrato preparado con Aserrín y Compost permite obtener un costo de producción por plántula menor o igual al obtenido con el sustrato tradicional usado en el vivero del CEA (sin análisis estadístico).

6. DISEÑO METODOLOGICO

6.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL CEA

El presente ensayo se llevo acabo en el vivero Agroforestal del Centro Experimental Amazónico CEA, predio que se encuentra ubicado en el kilómetro ocho de la vía que de Mocoa conduce a Villagarzón, en la Vereda San Carlos del Municipio de Mocoa putumayo, entre las coordenadas 1° 12' de latitud norte y 76°36' de longitud al oeste y limita al Norte y Occidente con el Río Pepino, al Sur con la Quebrada La Ardita y predios privados, al Oriente con el Río Mocoa.

6.2 MATERIALES

- ◆ 75 Kg de Compost de restos vegetales de plaza de mercado (Con un proceso de compostaje de 90 días y dos meses de reposo, tamaño de la partícula menor a 0.5 cm, % máx. de humedad de 50%)
- ◆ 75 Kg de aserrín delgado, fresco (sin descomponer).
- ◆ 200 Kg de sustrato tradicional para el llenado de bolsas.
- ◆ 400 bolsas de polietileno de 0.5 Kg.
- ◆ 400 plántulas de 25 días de germinadas (100 de cada especie)
- ◆ Espacio de 3 x 2 m en patio de crecimiento bajo polisombra.

6.3 METODOS

6.3.1 Preparación del Sustrato a evaluar: El sustrato se hizo con compost de restos vegetales de la plaza de mercado producido mediante un proceso aeróbico por volteo manual, en el proyecto de compostaje realizado por la cooperativa de trabajo asociado CTA EL AMPARO en la planta de manejo integral de residuos sólidos del municipio de Mocoa y con aserrín delgado (polvillo de maderas finas) generado por las empresas transformadoras de madera de Mocoa, en proporción 1:1 en peso.

En la tabla 2 se reportan las especificaciones técnicas obtenidas mediante análisis de laboratorio para una muestra del compost producido por la cooperativa el Amparo, las cuales permiten concluir que el este tipo de compost está dentro de los parámetros internacionales que definen un compost estable (tabla 1).

Tabla 2. Resultados de análisis de laboratorio para muestras de compost de 90 días, generado aplicando la dos técnicas de bioaumentación y volteo manual al matadero municipal de Mocoa.

PARAMETRO	Unidad	T1	T2
Humedad	%	50	60
pH, Potenciometro Relación Suelo:Agua (1:1)		7,9	8,2
Materia Orgánica Walkey-Black (colorimétrico)		30	31
Densidad aparente	g/cc	0,8	0,8
Fósforo (P) Bray II	ppm	301	384
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)		30	31
Calcio de cambio		35	41
Magnesio de cambio	meq/100g	11,5	12,5
Potasio de cambio		28,2	29,4
Aluminio de cambio		*	*
Hierro		256	258
Manganeso		47	43,8
Cobre	ppm	3,14	3,68
Zinc		47,8	46,4
Boro ppm, método de agua caliente		41,48	41,41
Grado textural		Orgánico	Orgánico
Nitrógeno total	%	1,3	1,2
Carbono orgánico	%	28	25
Azufre disponible	ppm	340	356
Relación C/N		21,5	20,8
Recuento de Microorganismos mesófilos viables/g (método de vertido en placa)		5.630×10^2	2.359×10^2
Coliformes totales/g (método de tubos múltiples)		10	2
Coliformes fecales/g (método de tubos múltiples)		0	0
Recuento de mohos y levaduras		780×10^6	670×10^5
Determinación de Salmonella sp/25 g.		No presencia	No presencia

Fuente: Trabajo de grado – Angulo & Fajardo 2.007.

6.3.2 Prueba del incremento de la temperatura en el sustrato. Para probar en que grado se incrementa la temperatura en la mezcla de compost y aserrín al ser humedecida, se hicieron dos ensayos:

1. Medir temperatura en un montón de la mezcla: Se hizo la mezcla de los dos materiales revolviendo con pala, se apiló sobre un plástico negro, se regó con agua hasta alcanzar una humedad que al apretarla con el puño vertía agua por entre los dedos (Prueba del puño, que se alcanzo con 20 L), se tapo con el plástico, se volteo el montón y se regó con una regadera de jardinería cada tres días hasta el día 21 y posteriormente cada 8 días hasta el día 37; se dejo continuar el proceso sin tapar el montón hasta el día 90, tomando la temperatura al centro de la masa diariamente.
2. Medir la temperatura en bolsas llenas con la mezcla: Se hizo la mezcla de los dos materiales revolviendo con pala y se empacó directamente en las bolsas a sembrar (30 bolsas de 500 g), se regó con regadera de jardinería cada tres días y se midió la temperatura en el centro de las bolsas durante un periodo de 90 días, se registraron los promedios de la temperatura en las 30 bolsas. También se registro la temperatura ambiente.

6.3.3 Preparación del sustrato testigo. El sustrato testigo es el utilizado tradicionalmente en el vivero del CEA, el cual se prepara con tierra negra, arena, cisco y gallinaza o compost, en proporción de 6:2:1:1 respectivamente.

6.3.4 Especies a utilizar para la evaluación: se utilizaron 4 especies en representación del material que tradicionalmente se propaga en el vivero para evaluar el potencial del sustrato experimental: Nogal cafetero (*Cordia alliodora*), Cachimbo (*Erythrina fusca*), Leucaena (*Leucaena leucocephala*) y copoazú (*Theobroma grandifolrum*). Estas especies representan los grupos de plantas que más se propagan en el CEA (maderables, protectoras, productoras y frutales amazónicos).

6.3.5 Procedimiento: Se transplantaron 50 semillas germinadas (chapolas de 25 días en era de germinación) de cada una de las cuatro especies seleccionadas, a bolsas de 500 g llenas con cada uno de los sustratos y previamente saturadas de agua (lo cual se logra con 100 cc/bolsa); para un total de 200 chapolas con el sustrato a evaluar y 200 chapolas con el testigo. Las semillas germinadas de cada una de las especies fueron de un mismo lote (sembradas el mismo día de una misma bolsa de semillas adquiridas en SEMICOL) y se distribuyeron al azar en las doscientas bolsas correspondientes.

Recién transplantadas a la bolsa se mantuvieron durante 15 días en la caseta de transplante (bajo techo) y posteriormente se trasladaron a los patios de crecimiento bajo polisombra, donde se mantuvieron por tres meses, tiempo estimado para proceder al transplante a sitio definitivo, en

ese momento se hizo la evaluación de crecimiento, mortalidad y peso de las bolsas.

A la totalidad de las plántulas se les hizo las respectivas labores de manejo en vivero: riego, retiro de malezas y control de plagas.

6.3.6 Variables evaluadas:

1. Porcentaje de prendimiento; definido como el porcentaje de plántulas que sobreviven hasta finalizada la fase de crecimiento en vivero,
2. Crecimiento de las plántulas; definido por la altura media alcanzada y por el número promedio de hojas o folíolos en el caso de hojas compuestas
3. Peso medio de la plántula; definido como el peso final de la bolsa con la plántula finalizada la fase de vivero (sin riego durante los últimos 8 días).
4. Costos de producción del sustrato por plántula producida; definido como los costos de los insumos y de la mano de obra efectiva en el proceso.

6.3.7 Diseño experimental y análisis de la información: El diseño experimental utilizado fue un diseño completamente al azar (DCA), donde los tratamientos lo constituyen los dos tipos de sustrato respectivamente (Tratamientos: S1 o sustrato testigo y S2 o sustrato a evaluar) y las 4 especies seleccionadas para la evaluación constituyen repeticiones de los tratamientos. La muestra sobre la que se miden las variables de interés (unidades experimentales), la constituyen 50 individuos por especie, que representan una población infinita de posibles plantas a sembrar con este tipo de sustratos (tabla 3); aunque este tamaño de muestra solo se aplico para la evaluación del porcentaje de prendimiento, para las demás variables se utilizaron 33 individuos de cada especie, seleccionados al azar de los que sobrevivieron y llegaron hasta terminada la fase de vivero.

Figura 1. Diseño experimental para la evaluación de las variables de interés.



Tabla 3. Diseño de la tabla para la toma de datos de campo en la evaluación de las variables de interés para las cuatro especies.

REPETICIONES/ TRATAMIENTOS	Sp 1	Sp2	Sp3	Sp4	Promedio de la variable x por sustrato
Sustrato 1 - Testigo	$i_1 \dots i_{50}$	$i_1 \dots i_{50}$	$i_1 \dots i_{50}$	$i_1 \dots i_{50}$	\hat{S}_1
Sustrato 2 – Aserrín:Compost	$i_1 \dots i_{50}$	$i_1 \dots i_{50}$	$i_1 \dots i_{50}$	$i_1 \dots i_{50}$	\hat{S}_2
Promedio de la variable x por especie	\hat{y}_1	\hat{y}_2	\hat{y}_3	\hat{y}_4	

Fuente: esta investigación.

Bajo este diseño se hizo una comparación de medias y de proporciones (porcentajes) mediante inferencia estadística para poblaciones con distribución normal (por teorema de límite central en razón a que la muestra es grande, mayor a 30 unidades) para probar las hipótesis sobre los efectos del sustrato en evaluación respecto al testigo, con una probabilidad del 95%, a un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.05$) con tres grados de libertad para una prueba t-Student, en razón a que se tiene un número pequeño de repeticiones (4 repeticiones que corresponden a las 4 especies utilizadas para probar el sustrato).

7. RESULTADOS

7.1 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE MADURACIÓN DEL SUSTRATO

En la fotografía del anexo A se aprecia la contextura del sustrato preparado con aserrín y Compost el día 0 (día de la preparación), nótese el color café claro que toma a causa del aserrín; a partir de ese momento se inicia el proceso de compostaje en montón y el llenado de bolsas para el registro de la temperatura por un periodo de 90 días.

En la figura 2 se muestra la temperatura registrada en el montón durante el proceso de compostaje (90 días), la temperatura promedio tomada en las bolsas llenas con el sustrato y la temperatura ambiente. La temperatura máxima alcanzada en el montón fue de 58°C mientras que en las bolsas plásticas solo llegó a 29 °C ligeramente por encima a la temperatura ambiente que registro una máxima de 28°C. Ni en el montón ni en las bolsas hubo presencia de macrohongos, como tampoco se detecto presencia de olores desagradables que indiquen emisión de gases por procesos de descomposición anaerobia en las bolsas plásticas.

La estabilización de la temperatura en el montón se consiguió después de los 50 días (figura 2), cuando el sustrato tomo apariencia de compost terminado (Fotografía del Anexo B): coloración café marrón, no se distinguen las virutas de aserrín y toda la masa tiene contextura de suelo orgánico, sin olores desagradables y se mantiene a temperatura ambiente.¹⁴

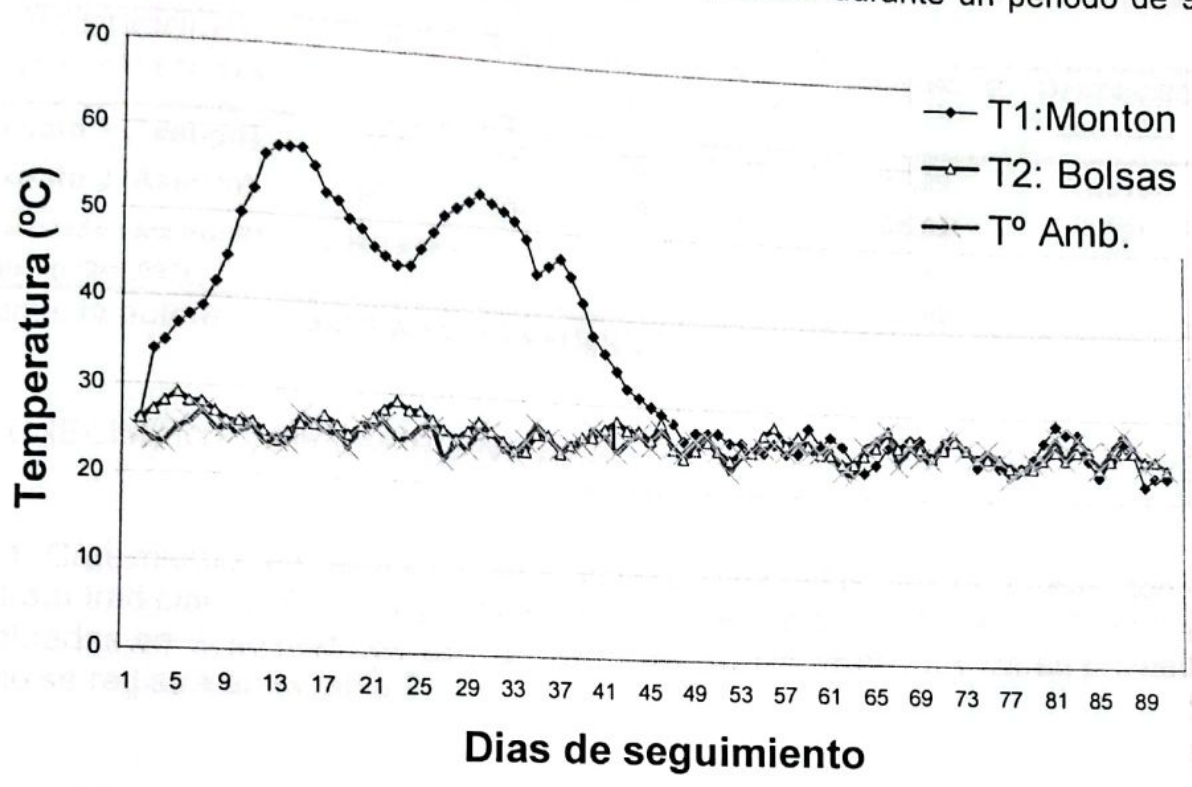
Para el caso del sustrato empacado directamente en la bolsa no hubo incrementos significativos de la temperatura (figura 2) y pese al riego, el proceso de compostaje es tan lento que hasta los 90 días el aserrín se mantuvo entero.

En razón a que se comprobó que en la bolsa no se tienen incrementos de temperatura, procesos de descomposición anaeróbicos reflejados por olores fuertes, ni aparición de plagas visibles que pudieran afectar las plántulas, se continuó con el experimento sembrando en el sustrato recién preparado, sin

¹⁴ SZTERN DANIEL & PRAVIA MIGUEL A. 2.000. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD OPS/HEP/HES/URU/02.99

necesidad de darle un periodo de maduración; tomando en cuenta que el compost utilizado era un compost completamente terminado y el aserrín recién obtenido en la aserradora.

Figura 2. Registro de la temperatura en el sustrato de compost y aserrín en proceso de maduración en montón y en bolsa plástica durante un periodo de 90 días.



Fuente: La autora basada en esta Investigación.

7.2 PORCENTAJES DE PRENDIMIENTO

De las 50 semillas germinadas (plantulillas de 20 días) por especie que se transplantaron a las bolsas de cultivo para la evaluación de prendimiento en la bolsa, obtuvo un porcentaje promedio en las cuatro especies, del 97.5% para las que se sembraron en el sustrato tradicional y del 95.8% para las que se sembraron en el sustrato de aserrín fresco y compost de residuos de plaza de mercado (Tabla 4).

La prueba de comparación de medias para probar la hipótesis estadística de que no existen diferencias significativas entre el porcentaje de prendimiento en estos

dos tipos de sustrato ($H_0: P_1=P_2$; $H_a: P_1 \neq P_2$) dio un t-calculado de -0.751; mayor que el valor negativo del t-tabla con tres grados de libertad (4 -1) que es de -3.18¹⁵ para esta prueba a dos colas con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ (tabla 4).

Tabla 4. Porcentaje de prendimiento (P) en bolsa con sustrato de aserrín y compost obtenido en un ensayo con 200 semillas de cuatro especies pregerminadas en el vivero del CEA.

REPETICIONES/ TRATAMIENTOS	Cachimbo Sp1	Nogal Cafetero Sp2	Leucaena Sp3	Copoazú Sp4	Promedio P	Desviación Estándar
Sustrato 1 (Testigo)	100	96	96	98	97,50	1,915
Sustrato 2 (Aserrín)	95,5	90	98	100	95,88	4,328
T-Calculado para $H_0: P_1 = P_2$; $H_a: P_1 \neq P_2$					-0,751	
T-tabla ($\alpha/2=0,025$)					-3,180	

Fuente: la autora con base a esta investigación.

7.3 CRECIMIENTO DE LAS PLANTULAS

7.3.1 Crecimiento en altura. Las plántulas sembradas en las bolsas con el sustrato tradicional (S1, testigo) alcanzaron una altura promedio de 22.7 cm y las sembradas en el sustrato de aserrín-compost (S2) crecieron 22.4 cm en promedio como se registra en la tabla 5.

La prueba para la comparación de medias que permite verificar la hipótesis estadística de que no existen diferencias significativas entre la altura alcanzada por las plántulas sembradas en estos dos tipos de sustrato ($H_0: Ca_1 = Ca_2$; $H_a: Ca_1 \neq Ca_2$) dio un t-calculado de -0.103, mayor al valor negativo del t-tabla con tres grados de libertad (4 -1) que es -3.18 para esta prueba a dos colas (tabla 5).

7.3.2 Crecimiento en número de hojas o folíolos. Las plántulas sembradas en las bolsas con el sustrato tradicional (S1, testigo) presentaron 17.3 hojas en promedio y las sembradas en el sustrato de aserrín-compost (S2) tuvieron un promedio de 16.7 hojas por plántula como se registra en la tabla 6.

¹⁵ Tabla de distribución de Frecuencias para una distribución T-Student, según R. Fisher 1996.

La prueba para la comparación de medias que permite verificar la hipótesis estadística ($H_0: Ch_1 = Ch_2$; $H_a: Ch_1 \neq Ch_2$) dio un t-calculado de -0.073, mayor al valor negativo del t-tabla (tabla 6).

Tabla 5. Crecimiento medio en altura (Ca) de plántulas sembradas en bolsa con sustrato de aserrín y compost obtenido en el ensayo realizado con cuatro especies en el vivero del CEA.

REPETICIONES/ TRATAMIENTOS	Cachimbo Sp1	Nogal Cafetero Sp2	Leucaena Sp3	Copoazú Sp4	Promedio Ca	Desviación Estándar
Sustrato 1 (Testigo)	25,4	23,9	14,8	26,7	22,70	5,352
Sustrato 2 (Aserrin)	23,8	25,4	14,9	25,6	22,44	5,070
T-Calculado para $H_0: Ca_1 = Ca_2$; $H_a: Ca_1 \neq Ca_2$					-0,1031	
T-tabla ($\alpha/2=0,025$)					-3,180	

Fuente: la autora con base a esta investigación.

Tabla 6. Crecimiento medio en número de hojas (Ch) o folíolos de plántulas sembradas en bolsa con sustrato de aserrín y compost obtenido en el ensayo realizado con cuatro especies en el vivero del CEA.

REPETICIONES/ TRATAMIENTOS	Cachimbo Sp1	Nogal Cafetero Sp2	Leucaena Sp3	Copoazú Sp4	Promedio Ch	Desviación Estándar
Sustrato 1 (Testigo)	11,8	7,3	44,6	5,7	17,38	18,354
Sustrato 2 (Aserrin)	9,8	7,1	43,8	6,2	16,72	18,132
T-Calculado para $H_0: Ch_1 = Ch_2$; $H_a: Ch_1 \neq Ch_2$					-0,0727	
T-tabla ($\alpha/2=0,025$)					-3,180	

Fuente: la autora con base a esta investigación.

7.4 PESO MEDIO DE LA PLANTULA

El peso medio de las plántulas listas para transplante a sitio definitivo (en bolsas de libra), fue de 531 g para las plántulas sembradas en las bolsas con el sustrato de libra), fue de 531 g para las plántulas sembradas en las bolsas con el sustrato tradicional (S1, testigo) y de 322 g para las sembradas en el sustrato de aserrín-compost (S2), aunque al momento de la siembra, las bolsas llenas del respectivo sustrato antes de humedecer, pesaron 493 g y 291 g respectivamente, como se registra en la tabla 7.

La prueba de comparación de medias para probar la hipótesis estadística de que no existen diferencias significativas entre el peso medio de la plántula en razón al uso estos dos tipos de sustrato ($H_0: W_1 = W_2$; $H_a: W_1 \neq W_2$) dio un Z-calculado de -50.229, mayor que el valor Z-tabla para esta prueba a dos colas con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ (tabla 7).

Tabla 7. Peso medio de la plántula (W) sembrada en bolsa con sustrato tradicional (S1) y con sustrato de aserrín y compost (S2) en el ensayo realizado en el vivero del CEA.

PARAMETRO	PESO INICIAL DE LA BOLSA		PESO FINAL DE LA BOLSA	
	S1	S2	S1	S2
n=33				
Promedio W	493,42	290,82	530,61	322,39
Desv. Stand.	14,98	9,88	16,78	16,90
Varianza	224,25	97,59	281,56	285,50
Z -Calculado	64,877		50,229	
Z- Tabla ($\alpha/2 = 0.025$)			1,96	

Fuente: la autora con base a esta investigación.

7.5 COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL SUSTRATO

Los costos de producción atribuibles al tipo de sustrato utilizado, utilizando valores calculados con las cotizaciones y pruebas realizadas en esta investigación y con los rendimientos reportados por los viveristas del CEA¹⁶, fueron de 200.4 pesos por plántula con el sustrato de aserrín y compost y de 191.4 pesos por plántula utilizando el sustrato tradicional como se detalla en las tablas 8 y 9.

¹⁶ Conv. Pers. con Sabino Imbachi y José María Chavez, 2006.

Tabla 8. Costos de producción por bolsa para fase de vivero, utilizando una mezcla de compost y aserrín como sustrato en el ensayo realizado en el vivero del CEA.

INSUMOS	Precio Kg (\$)	Proporción en el sustrato (%)	Cantidad (Kg) x bolsa de 500 g	Valor Total (\$) x bolsa de 500 g.
Aserrín (transporte)	20	50	0,15	2,9
Compost	500	50	0,15	72,5
Bolsas plásticas				20,0
MANO DE OBRA				
Mezcla del sustrato				5,0
Llenado de Bolsas				25,0
Transplante				25,0
Manejo en vivero				50,0
TOTAL POR BOLSA DE 500 g			0,290	200,4

Fuente: la autora con base a esta investigación.

Tabla 9. Costos de producción por bolsa para fase de vivero, con el sustrato preparado y utilizado tradicionalmente en el vivero del CEA.

INSUMOS	Precio Kg (\$)	Proporción en el sustrato (%)	Cantidad (Kg) x bolsa de 500 g	Valor Total (\$) x bolsa de 500 g.
Tierra negra	40	60,0	0,30	11,8
Arena	40	20,0	0,10	3,9
Aserrín (transporte)	20	10,0	0,05	1,0
Compost + cal agricola	500	10,0	0,05	24,7
Bolsas plásticas				20,0
MANO DE OBRA				
Zarandeo de tierra				25,0
Mezcla del sustrato				5,0
Llenado de Bolsas				25,0
Transplante				25,0
Manejo en vivero				50,0
TOTAL POR BOLSA DE 500 g			0,493	191,4

Fuente: la autora con base a esta investigación.

8. ANALISIS DE LA RESULTADOS

8.1 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE MADURACIÓN DEL SUSTRATO

Los resultados obtenidos en el ensayo para determinar si se requiere de un tiempo de maduración del sustrato en evaluación, demuestran que no es necesario la bolsa el proceso de compostaje aeróbico es muy lento y no alcanza a generar pudrición del sustrato por descomposición anaeróbica.

Por su parte la maduración del aserrín solo es posible si se deja en montones (fuera de las bolsas), mezclado con el compost que le sirve de inóculo de microorganismos que aceleran el proceso, se airea y riega periódicamente para mantener las condiciones adecuadas de compostaje; en este caso se necesitaría de un tiempo de compostaje o maduración de por lo menos 50 días para obtener un sustrato estable sin que ocasione elevaciones drásticas de la temperatura, por acción de microorganismos termófilos, que puedan quemar las plántulas u acción de organismos anaeróbicos que causen pudrición del material.

8.2 PORCENTAJES DE PRENDIMIENTO

Los resultados (tabla 4) muestran que el porcentaje de prendimiento para las plántulas de las 4 especies transplantadas de los germinadores a bolsa plástica, es ligeramente mayor en el sustrato tradicional (S1), no obstante las diferencias no son estadísticamente significativas en relación con el porcentaje obtenido para el sustrato de aserrín y compost (S2) como lo muestra el t- calculado en la prueba a dos colas para la comparación de medias (ver fórmulas utilizadas para el cálculo en el anexo K), cuyo valor (-0.751 en la tabla 4), es mayor que el valor negativo encontrado en la tabla de distribución de frecuencias para $\alpha=0.05$ y 3 grados de libertad, razón por la cual se acepta la hipótesis nula $H_0: S1=S2$, que establece la igualdad entre las dos medias para el porcentaje de prendimiento obtenido en los dos sustratos.

En consecuencia, el ensayo demostró que el sustrato fresco de aserrín y compost permite un porcentaje de prendimiento en bolsa igual al que se obtiene con el sustrato tradicional, dicho de otra manera, no existen diferencias significativas en el porcentaje de prendimiento al usar sustrato tradicional o la mezcla de aserrín y

compost propuesta en esta investigación para el llenado de bolsas en el vivero del CEA.

8.3 CRECIMIENTO DE LAS PLANTULAS

En crecimiento durante la fase de vivero, las plantas tampoco mostraron diferencias estadísticamente significativas para las dos variables evaluadas en los dos tipos de sustrato.

Con relación a la altura al comparar la media obtenida en el sustrato en evaluación (S2) y la obtenida en el sustrato tradicional (S1), el valor del t-calculado (- 0.103) es mayor al t-tabla (-3.18 a dos colas con $\alpha=0.05$ y 3 g.l) como se muestra en la tabla 5; razón por la cual se acepta la $H_0: S1=S2$.

Lo mismo sucede con el crecimiento en número de hojas (foliolos para el caso del cachimbo y la leucaena) que tampoco presenta diferencias significativas en el número promedio de hojas por plántula (tabla 6).

Es decir, el crecimiento en altura y número de hojas de las plántulas en las bolsas de vivero, resulto ser indiferente al sustrato utilizado, por lo cual se puede utilizar el sustrato evaluado sin temor a que las plantas crezcan menos o se debiliten al perder sus hojas.

8.4 PESO MEDIO DE LA PLANTULA

El sustrato a base de aserrín y compost es significativamente más liviano que el sustrato tradicional, lo cual facilita el transporte de las plántulas y disminuye costos de transporte. Como se muestra en la tabla 7, el peso de una bolsa de polietileno de 500 g llena con el sustrato antes de ser humedecida (peso inicial), es de solo el 64% del peso de esa misma bolsa llena con el sustrato tradicional seco. De igual manera el peso final de la plántula en la bolsa con aserrín y compost es de solo el 60.6% del peso final de una plántula en una bolsa con sustrato tradicional.

Así las cosas, transportar 1.000 plántulas sembradas en sustrato tradicional, equivale a transportar 531 kg de sustrato, mientras que si se siembran en aserrín y compost, solo se estaría transportando 322 Kg., estas diferencias son estadísticamente significativas, siendo que en la prueba de hipótesis con $\alpha=0.05$

(para una prueba a dos colas, $\alpha/2=0.025$ con distribución normal por tener $n > 30$) el Z-calculado es de 64.8 mientras que el Z-Tabla es de solo 1.96 (tabla 7) rechazándose así la hipótesis estadística $H_0: S_1=S_2$.

8.5 COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL SUSTRATO

La diferencia en costos de producción atribuibles al sustrato utilizado, es de tan solo nueve pesos en contra del sustrato evaluado, al momento de salir la plántula del vivero; lo cual representa un incremento de tan solo el 4.7% con relación a los costos del sustrato tradicional. Esto significa que si se tienen en cuenta los beneficios ambientales de utilizar el aserrín y el compost de residuos orgánicos de plaza de mercado es mejor utilizar este tipo de sustrato sin incrementar significativamente los costos de producción.

Por otra parte esta ligera diferencia en los costos del sustrato, que se deben fundamentalmente al valor del compost que esta en una alta proporción (50%) pueden verse compensados con la disminución de los costos de transporte en razón a que el peso de las plántulas en la bolsa disminuye, como ya se mencionó, en un 39.4%.

Este análisis meramente financiero no tiene en cuenta el costo ambiental y los beneficios sociales, como la generación de empleo en la recolección de los materiales y la producción del compost, los cuales dan más peso al uso del aserrín y el compost.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

9.1 EL USO DE ASERRÍN Y COMPOST COMO SUSTRATO

Si a un material pobre en nutrientes como es el aserrín fresco, se le agregan nutrientes como los contenidos en el compost de residuos orgánicos de plaza de mercado (ver tabla 2), es de esperarse que se desarrolle una planta sobre este material al ser utilizado como sustrato para el empacado de bolsas; por esta razón en esta investigación se decidió utilizar esta mezcla fresca como sustrato una vez se comprobó que en la bolsa no se inician procesos de compostaje que incrementen la temperatura u ocasionen pudrición del material.

Mateo (2002)¹⁷, determinó que pueden usarse altas cantidades de aserrín (hasta del 80%) al añadirse fertilizantes, con la finalidad de obtener un sustrato en el cual se utilice la mayor cantidad de aserrín, combinado con otros materiales de uso común que pueda sustituir a la tierra de monte (tierra negra de mantillo) en la producción de especies forestales en el sistema tradicional.

Reyes et. al. (2005)¹⁸, evaluó el efecto de diferentes mezclas de aserrín fresco y otros materiales en proporción de 80% de aserrín, sobre el crecimiento inicial de plántulas de pino producidas con el sistema tradicional de vivero. En su estudio concluyeron que el aserrín crudo (en este caso de pino), permite producir plántulas sanas sin efectos tóxicos, por lo que debe considerársele como un material alternativo para el viverista forestal, aunque se requiere determinar la cantidad adecuada de nutrimentos a adicionar. Esta premisa es muy válida en nuestro medio donde el aserrín y los subproductos de la industria maderera se convierten en una problemática ambiental que amerita un manejo adecuado (PGIRS de Mocoa versión 2.006).

Por su parte con esta investigación se demostró que si se quiere hacer un proceso de maduración del aserrín, puede hacerse mezclándolo con compost que le sirve como inóculo de microorganismos y dejándolo compostar en montón haciendo volteos y riegos periódicos para facilitar la aireación y mantener una humedad

¹⁷ MATEO S., J.J. 2002. Potencial del aserrín como alimento para rumiantes y sustrato para plantas. Tesis de Doctorado. Colegio de postgraduados. Montecillo México. 92 p.

¹⁸ REYES R. J., ALDRETE A., CETINA-ALCALA B. M., LOPEZ-JUPTON J. 2005. Producción de plantas de *Pinus Pseudostrobus* Var. *Apulcensis*, en sustratos a base de aserrín. Programa Forestal. Colegio de Postgraduados. Montecillo México. Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente 11(2): 105-110. 2005. 105p.

adecuada para el desarrollo de los microorganismos descomponedores. Este proceso es muy lento en la bolsa, en donde el aserrín sufre muy poca transformación pese a los riegos, muy seguramente por la falta de aireación.

Sin embargo, no tiene mucha razón el compostar el aserrín, puesto que entonces lo que estaríamos usando como sustrato sería un compost puro, lo cual resultaría costoso (por la mano de obra y tiempo que lleva el proceso de compostaje) e inadecuado para el crecimiento de las plantas por el desbalance de nutrientes (principalmente la relación C/N), en razón a que los materiales provienen solo de una fuente vegetal pobre en nitrógeno y muy rica en carbono.

Dado que el proceso de descomposición del aserrín es muy lento, algunos autores como Hartman y Kester (1998)¹⁹, recomiendan añadir nitrógeno al aserrín, en cantidad suficiente para favorecer su descomposición además del necesario para la nutrición de las plantas; es decir balancear bien la relación C/N. No obstante, en un medio como el nuestro, en donde los residuos sólidos municipales son un problema ambiental y una de las alternativas es su conversión en abonos orgánicos de alta calidad (PGIRS de Mocoa, versión 2.006) vale la pena ensayar el uso de estos abonos orgánicos como suplemento nutritivo y como inóculo para la aceleración de la descomposición del aserrín.

De esta manera, lo interesante de usar aserrín y compost de residuos municipales como sustrato en los viveros del Putumayo, donde hay una rica fuente de estos materiales a muy bajo costo (el aserrín es gratuito puesto que lo votan al río en las aserradoras de Mocoa por ejemplo y el material para hacer compost también lo es), es que estamos contribuyendo a la mitigación de impactos ambientales desde dos frentes: 1. El manejo adecuado de residuos orgánicos municipales y 2. La protección del suelo y lecho de ríos de donde se extrae la tierra negra y la arena para los viveros. Y por otra parte estamos generando más empleo, puesto que se incentiva la pequeña empresa dedicada a la producción de abonos orgánicos a partir de residuos sólidos municipales.

9.2 PORCENTAJES DE PRENDIMIENTO

Con relación al porcentaje de prendimiento en bolsa, el nogal cafetero y el cachimbo parecen ser los más afectados al sembrarse en un sustrato rico en aserrín (tabla 4) aunque las diferencias no son significativas y las tres plantas más

¹⁹ HARTMANN T., H.Y KESTER, D. E. 1998. Propagación de plantas, principios y prácticas. CECSA 2 Edición México.

que murieron con este sustrato, pueden ser atribuidas a una mala siembra en la bolsa, pues se debe ser muy cuidadosos al sembrar en aserrín por que la consistencia del sustrato puede hacer que la raíz quede en el aire y por lo tanto hay que apretar la bolsa una vez se coloca la plantulilla en ella, para que así la raíz haga contacto con el sustrato.

En ensayos preliminares realizados por los viveristas del Jardín botánico del CEA, bajo la supervisión del Biólogo Herman Hoyos²⁰, se ha utilizado aserrín fresco mezclado con un 20% de suelo fértil como sustrato para germinar semillas y estacas de especies medicinales arbustivas y lianas (*Banisteriopsis capii*, *Arrabaidea japurensis*, *Piper* sp, entre otras), lográndose porcentajes de sobrevivencia hasta el trasplante a sitio definitivo, no inferiores al 80%, esto es de esperarse puesto que en la fase germinativa las semillas no requieren nutrientes y humedad.

9.3 CRECIMIENTO EN SUSTRATOS DE ASERRÍN

En el ensayo realizado por Reyes et. al. (2005)²¹, con plántulas de pino (*P. pseudostrobus*) a los siete meses de edad, las plántulas sembradas en sustrato con 80% de aserrín fresco (de ocho días) y peat moss, presentaron los valores más altos de crecimiento en diámetro y altura con relación a los otros tres tratamientos evaluados: aserrín 80% + tierra de monte, Aserrín 80% + corteza de pino triturada y Aserrín 80% + Agrolita respectivamente, pese a que todos crecieron de manera satisfactoria.

Estos resultados apoyan los encontrados en esta investigación donde el sustrato tradicional no presento incrementos significativos de crecimiento en altura, confirmando que efectivamente el aserrín fresco si puede ser utilizado como sustrato, sin embargo hace falta un estudio más detallado para determinar las proporciones adecuadas y otros aditivos alternativos al compost según sea la especie a cultivar, en especial por que algunas especies muestran menor tolerancia a un material rico en materia orgánica.

Por ejemplo, pese a que en términos generales el crecimiento foliar de las plántulas no se ve afectado por el sustrato de aserrín, para el caso del cachimbo la diferencia fue más pronunciada. Esta diferencia se debió a que hacia el final de la

²⁰ Informe Contratos 2006, Archivo magnético Corpoamazonia; SMA/Herman Hoyos /CEA/2006

²¹ Reyes et al. Op. Cit., 108 p.

evaluación, las plántulas de cachimbo empezaron a sufrir amarillamiento y caída de folíolos, probablemente por exceso de materia orgánica al irse descomponiendo el aserrín, puesto que esta es una especie que se encuentra en suelos franco arenosos junto a vegas de los ríos, más similar al sustrato tradicional que se prepara con arena, sin embargo los efectos se pronuncian hacia el final de la fase de vivero, razón por la cual, de usar sustrato de aserrín debe transplantar a sitio definitivo, en cuanto empiece a notarse amarillamiento en las hojas de las plántulas.

Los estudios sobre el uso de aserrín en la producción de especies forestales son escasos, mientras que en el cultivo de hortalizas se reportan más experiencias exitosas. Pudelski (1980)²², por ejemplo, asegura que es posible usar aserrín y corteza no compostados de especies de coníferas como sustratos para el cultivo de lechuga, tomate y pepino. D'Angelo et al. (1993) encontraron que en plantas ornamentales, el aserrín crudo puede sustituir hasta en un 66% el peat moss para la producción de plantas de calidad. Ismaili et al. (1996), en trabajos realizados para la producción de Melón (*Cucumis melo*), utilizando como sustrato aserrín crudo del árbol del hule, encontraron mejores resultados cuando aumentaron la proporción en 60%, además mencionan que no se observaron síntomas de toxicidad en plantas.

En concordancia con lo reportado por Reyes et al. (2005)²³, por los resultados encontrados en este trabajo, es posible concluir que no es necesario realizar pretratamiento alguno al aserrín ya que este se utilizó en seco y sin lavarse en ambas experiencias, así como también en otras reportes citados sin que se hayan observado problemas de enfermedades o toxicidad atribuibles al sustrato. Sin embargo Reyes et al, recomiendan la necesidad de fertilizar con foliares ricos en Nitrógeno puesto que en plantas de lento crecimiento como el pino que pasa siete meses en la fase de vivero, se pueden presentar deficiencias de Nitrógeno por lo pobre que es este tipo de sustratos en este macroelemento.

9.4 DISMINUCIÓN EN EL PESO DE LA BOLSA

Uno de los inconvenientes que presenta la siembra en un sustrato a base de tierra y arena es el peso de la bolsa, esto genera costos y dificultades adicionales cuando las plantas se deben trasladar a sitios lejanos o retirados de la carretera. Por esta razón algunas veces se debe acudir a otro tipo de técnicas modernas

²² PUDELSKI, T. 1980. Common beach bark compost as growing medium and soil improver in growing vegetables under protection. *Acta Horticulturae* 99: 237 – 257.

²³ Reyes et al. Op. Cit., 109 p.

como la siembra en pastillas Jiffy u Oasis. El problema de estas técnicas es que elevan los costos de producción y tienen limitantes por el tamaño de las semillas a sembrar, además que para el caso de la turba usada en las pastillas Jiffy también hay muchas críticas por el impacto ambiental causado en su extracción (Navarrete, 2002).

Con la disminución en el peso final (al momento de trasplante a sitio definitiva) del 39.4% al usar sustrato de aserrín y compost (Tabla 7), suma una razón más para el uso de este sustrato como sustituto del tradicional.

9.5 COSTOS DE PREPARACIÓN DEL SUSTRATO

Una de las justificaciones que más se mencionan en la literatura para el uso de aserrín, además de la problemática ambiental que este residuo de la industria maderera genera por su baja tasa de descomposición, es su bajo costo. En muchas aserradoras, lo que es el polvillo de la sin fin, no tiene ningún tipo de uso y se dispone de este desecho muchas veces de manera inadecuada, como ocurre en el municipio de Mocoa y demás en el departamento del Putumayo según se reporta en el Plan de Ordenación Forestal de la reserva Forestal Mecaya Sencella, CORPOAMAZONIA (2005)²⁴.

Por esta razón, el aserrín utilizado en este ensayo, solo tiene los costos de recolección y transporte al vivero, puesto que no hay que pagar nada por él, y estos costos son mucho más bajos que para el caso de tierra y arena, por ejemplo según reportes de funcionamiento del vivero del CEA, una volquetada (4 m³) de tierra o arena cuesta 250.000 pesos. Llevar 4 m³ de aserrín no cuesta más de 60.000 pesos; no obstante es de esperarse que cuando se le empiece a dar un uso al aserrín, este se valore y haya que pagar por él.

Por su parte el compost a precio comercial (el precio que lo está comprando la Corpoamazonia a empresas de fuera del departamento) es más costoso y al ser utilizado en una proporción del 50% como se hizo en este ensayo, eleva un poco los costos, pero preparar el sustrato ahorra mano de obra por que no hay que cernirlo como si requiere la tierra y la arena.

El incremento en costo no es significativo y es probable que se pueda reducir la proporción de compost en el sustrato, como también es probable bajar los costos

²⁴ CORPOAMAZONIA-UNIVERSIDAD DISTRITAL. 2005. Plan de Ordenación Forestal Mecaya Sencella. Putumyo.

del compost si se produce en el Municipio. Esto bajaría significativamente los costos en relación con la producción actual y si le sumamos la reducción en los costos de transporte en razón a la disminución del peso de las plántulas, el cual está alrededor del 40%, más los beneficios ambientales, se tiene que tanto la factibilidad financiera como económica del proyecto es mucho mejor que la de producir con el sustrato tradicional. No hay que olvidar que uno de los objetivos del centro experimental amazónico CEA, es promover prácticas de producción limpia, sin embargo la práctica tradicional de producción en vivero no cabe en esta categoría por el impacto que se esta causando al suelo de donde se trae la tierra negra.

10. CONCLUSIONES

Mezclando aserrín delgado (el desperdicio de la sierra sin fin), en proporción 1:1 en peso, con compost producido a partir de residuos sólidos de la plaza de mercado municipal, fue posible obtener un sustrato homogéneo y suelto que facilita el llenado a las bolsas para la producción de plántulas en vivero Agroforestal.

El ensayo realizado permitió establecer que la mezcla de aserrín con compost no requiere de maduración ni pretratamiento alguno para poder ser utilizado como sustrato en el llenado de bolsas para vivero, en razón a que no genera incrementos drásticos en la temperatura ni procesos de descomposición anaeróbica que puedan afectar las plántulas.

Se determinó que el sustrato preparado con aserrín y compost, permite un porcentaje de prendimiento estadísticamente igual al que se logra con el sustrato tradicional, usado para el crecimiento de semillas germinadas que se transplantan a las bolsas plásticas para la fase de crecimiento bajo polisombra.

También se determinó que en cuanto al crecimiento de las plántulas en las bolsas durante la fase de vivero, no se presentan diferencias estadísticamente significativas entre el uso del sustrato a base de compost y aserrín y el uso del sustrato tradicional, por esta razón el sustrato tradicional puede ser reemplazado por el que se evaluó.

Por otra parte se encontró que al usar sustrato de compost y aserrín, se tiene una disminución significativa del peso final de la plántula con su respectiva bolsa, lo cual se traducirá en una disminución de los costos de transporte a sitio definitivo.

Los costos de producción del sustrato evaluado no logran disminuir los costos de producción de plántulas en el vivero del CEA, pero tampoco los incrementan significativamente, sin embargo al bajar los costos de transporte a sitio definitivo y evaluar los beneficios ambientales que apuntan todos a una técnica de producción limpia, es definitivamente mejor optar por el sustrato de aserrín y compost. En consecuencia, se puede concluir que si es viable el uso de un sustrato de aserrín y compost producido con residuos sólidos de la plaza de mercado de Mocoa, para el llenado de bolsas destinadas a la siembra de plántulas en el vivero agroforestal del CEA.

11. RECOMENDACIONES

Se recomienda que para la producción de plántulas en el vivero agroforestal del CEA y del jardín botánico del ITP, que son los dos viveros institucionales más importantes de la región, se use el aserrín desperdiciado por la industria maderera y el compost de residuos sólidos municipales producidos en la región, en la preparación de sustratos que sustituyen el uso de tierra negra para ser coherentes con el discurso ambiental que se maneja en estas dos instituciones.

Se deben continuar las investigaciones en otras especies pero sobre todo se debe evaluar nuevas proporciones de aserrín compost u otros aditivos que aporten nutrientes a las plántulas; también se debe investigar sobre los posibles efectos del aserrín de algunas especies en particular, puesto que es probable que no todos los aserrines puedan ser utilizados frescos por las toxinas que pueda liberar en el proceso de descomposición inicial que se va dando en la bolsa.

Al usar sustrato a base de aserrín, es preferible usar el fresco y seco, no el que este amontonado a la intemperie, puesto que ya puede estar colonizado por hongos o bacterias que después ocasionen problemas a las plántulas; antes de empacar a la bolsa es recomendable humedecer el sustrato para un buen llenado.

Se debe investigar el tamaño más adecuado de la plántula para el momento del trasplante a la bolsa, puesto que parece ser que plántulas muy pequeñas, con raíces apenas en desarrollo no resisten el trasplante, por la porosidad del aserrín no logran hacer buen contacto con el sustrato. Es probable que sea mejor que la semilla germine directamente en el sustrato definitivo (siembra en bolsa) y así se adapte mejor a el; esto también hay que evaluarlo.

En última instancia, es preciso hacer ensayos para determinar el tiempo óptimo de permanencia en vivero, para las distintas especies de cultivo.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGULO J. & FAJARDO C. 2007. Proyecto "Evaluación de dos técnicas aplicadas al proceso de compostaje de residuos orgánicos de plaza de mercado en el municipio de Mocoa-Putumayo. Trabajo de grado de Profesional en Agroforestal de la UNAM Pitalito Huila.

CORDOBA L. & MEJIA C. 2005. Formulación e Implementación del Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos en la plaza de mercado del Municipio de Mocoa. Trabajo de pasantía, Tecnología Ambiental del Instituto Tecnológico del Putumayo.

CORPOAMAZONIA-UNIVERSIDAD DISTRITAL. 2005. Plan de Ordenación Forestal Mecaya Sencella. Putumyo.

HARTMANN T., H.Y KESTER, D. E. 1998. Propagación de plantas, principios y prácticas. CECSA 2 Edición México.

HOYOS H. E. 2005. Informe técnico para el estudio de factibilidad técnica del proyecto "Elaboración de Compost con restos vegetales de la plaza de mercado de Mocoa". CTA ELAMPARO. Inédito.

-----, 2005. Diagnóstico del CEA. Informe contrato 076/2005. CORPOAMAZONIA.

MATEO S., J.J. 2002. Potencial del aserrín como alimento para rumiantes y sustrato para plantas. Tesis de Doctorado. Colegio de postgraduados. Montecillo México. 92 p.

NAVARRETE T. E. 2002. Manual de árboles, primera edición. Bogotá DC Colombia. p. 109 -112.

REYES R. J., ALDRETE A., CETINA-ALCALA B. M., LOPEZ-JUPTON J. 2005. Producción de plantas de *Pinus Pseudostrobus* Var. *Apulcensis*, en sustratos a base de aserrín. Programa Forestal. Colegio de Postgraduados. Montecillo México. Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente 11(2): 105-110. 2005. 105p.

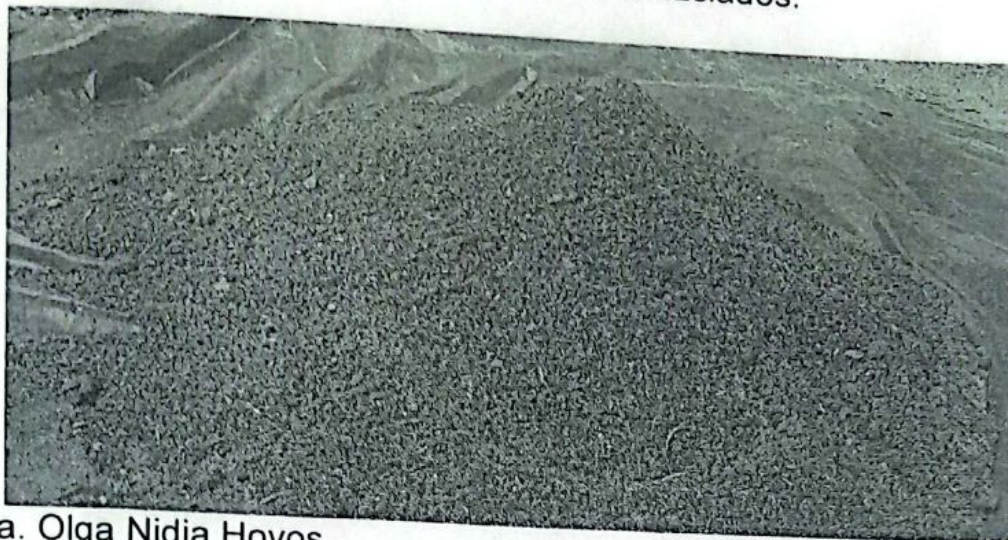
PUDELSKI, T. 1980. Common beach bark compost as growing medium and soil improver in growing vegetables under protection. Acta Horticulturae 99: 237 – 257.

SZTERN DANIEL & PRAVIA MIGUEL A. 2.000. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD OPS/HEP/HES/URU/02.99

www.compostando.com. Manual de Compostaje Doméstico; Julio del 2004.

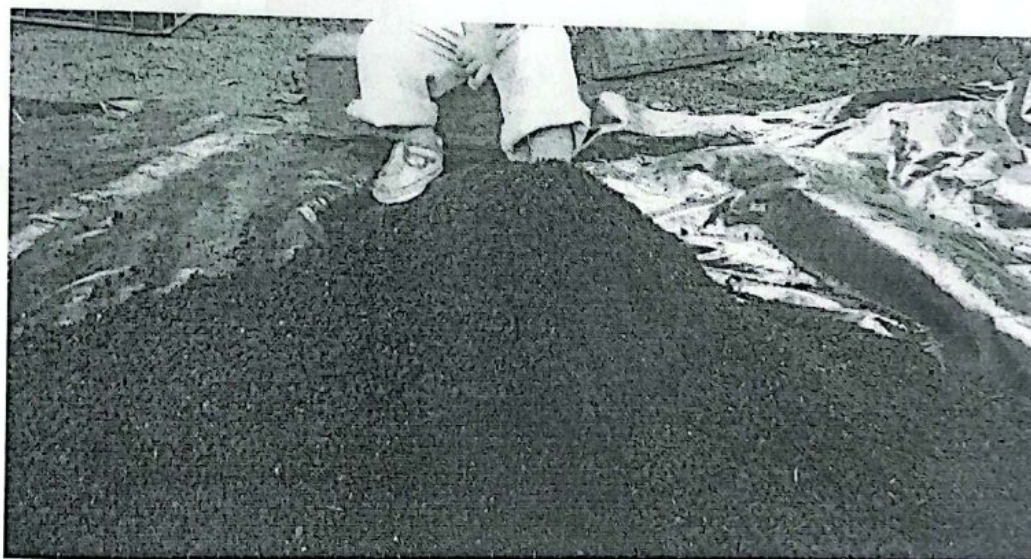
ANEXOS

Anexo A. Sustrato de compost y aserrín recién mezclados.



Fotografía. Olga Nidia Hoyos

Anexo B. Mezcla de Compost y aserrín después de un proceso de maduración de 90 días.



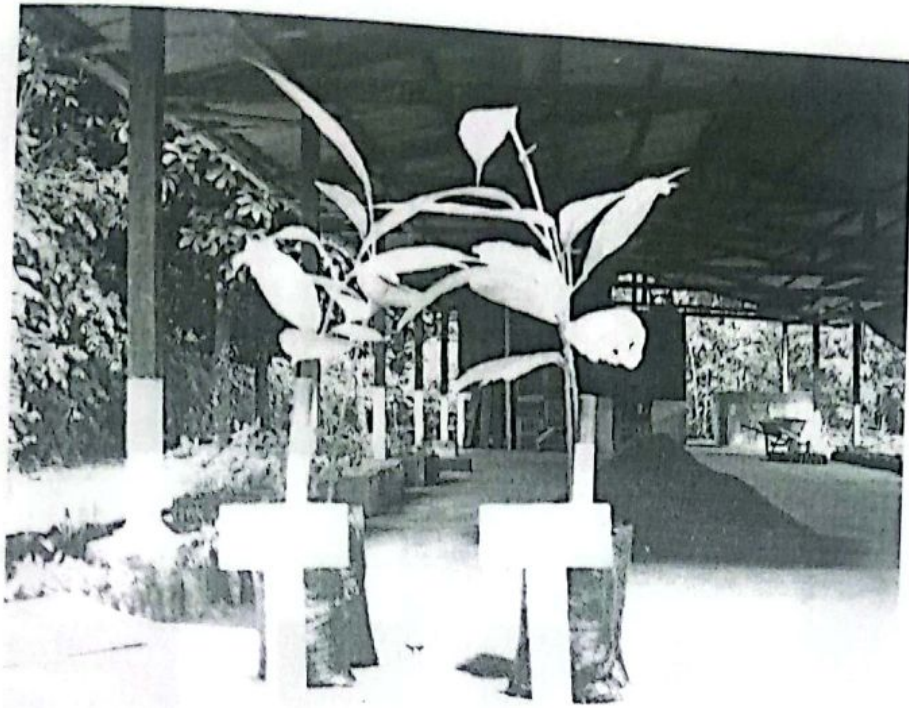
Fotografía. Olga Nidia Hoyos

Anexo C. Plántulas de cachimbo de 30 días de transplantadas en bolsas con sustrato de aserrín y compost (Der) y Sustrato tradicional (Izq.).

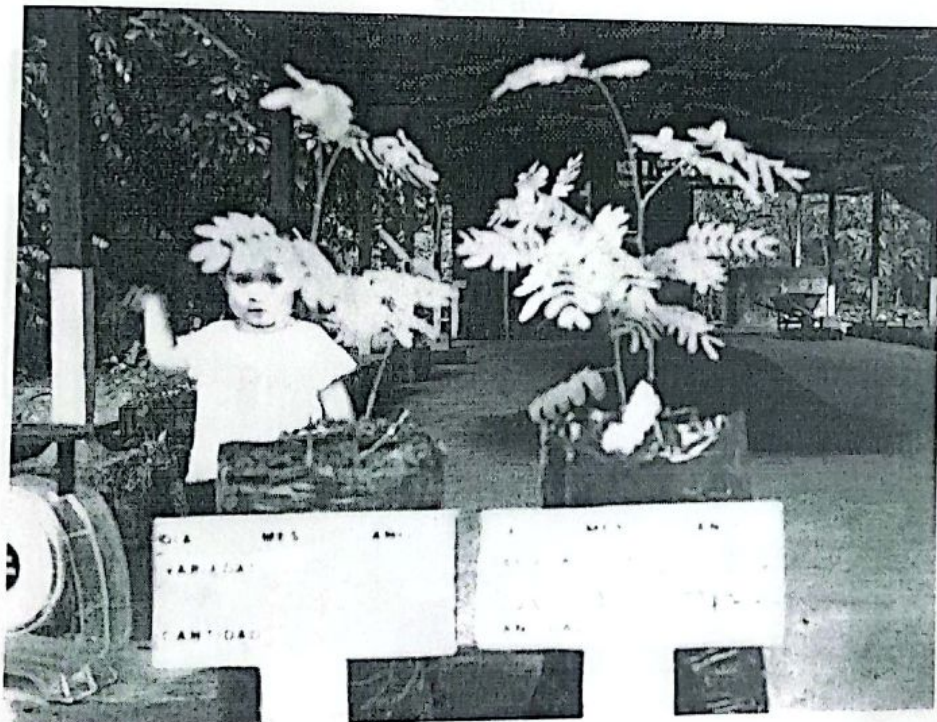


Fotografía. Olga Nidia Hoyos

Anexo D. Plántulas de Copoazú de 60 días de transplantadas en bolsas con sustrato de aserrín y compost (Der.) y Sustrato tradicional (Izq.).



Anexo E. Plántulas de Leucaena de 60 días de transplantadas en bolsas con sustrato de aserrín y compost (Der.) y Sustrato tradicional (Izq.).

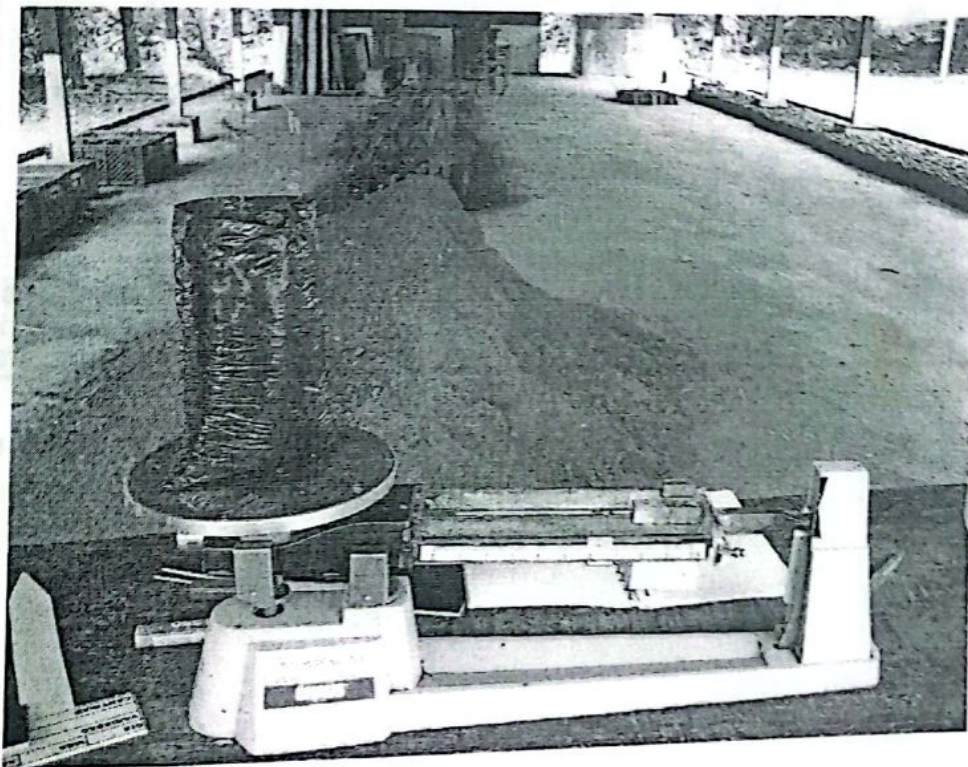


Fotografía. Olga Nidia Hoyos

Anexo F. Plántulas de Nopal cafetero de 60 días de transplantadas en bolsas con sustrato de aserrín y compost (Der.) y Sustrato tradicional (Izq.).



Anexo G. Balanza tres barras utilizada en el pesaje de las bolsas con distinto sustrato.



Anexo H. Datos de campo obtenidos de la altura de las plántulas sembradas en sustrato tradicional (S1) y sustrato de compost y aserrín (S2).

Nº	CACHIMBO		NOGAL CAFETERO		LEUCAENA		COPOAZU	
	ALTURA cm		ALTURA cm		ALTURA cm		ALTURA cm	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
1	26	24	23	18	17	14	23	25
2	25	26	24	19	16,5	15	25	27
3	20	24	25	22	16	15	26	26
4	23	29	22	21	12,5	15,5	28	23
5	29	28	21	21	18	17	29	25
6	23	22	19	23	14,5	15	27	28
7	28	24	17	24	18,5	18	28	28
8	28	27	25	25	14,5	12	30	27
9	23	22	26	26	15	14	25	26
10	26	23	27	24	11	17	24	22
11	27	25	28	25	16	17,5	29	29
12	28	22	24	28	16	14,5	32	21
13	25	23	23	29	17	13	28	28
14	26	22	25	30	16,5	15,5	27	21
15	27	25	26	31	15	13	26	25
16	24	27	24	26	13,5	15	23	24
17	23	26	25	24	18	12,5	25	29
18	25	24	22	29	16	17	28	27
19	22	23	20	27	12,5	14,5	28	24
20	28	25	20	26	15,5	15,5	27	25
21	21	27	23	28	16	12	29	28
22	26	22	23	24	14,5	14,5	28	28
23	29	22	24	25	15,5	13	25	24
24	24	22	25	26	13	19	26	24
25	28	20	26	28	13	17	25	29
26	30	22	21	29	14,5	16	24	21
27	32	24	27	30	15	15	27	28
28	25	20	26	31	15,5	13,5	24	28
29	24	23	28	26	13,5	14,5	23	29
30	23	21	24	24	8	19	28	27
31	21	24	25	25	10	14,5	30	25
32	26	23	26	23	14	12,5	27	21
33	22	25	25	22	18	11,5	26	22
P	25,36	23,82	23,91	25,42	14,85	14,92	26,67	25,58
DE	2,84	2,21	2,58	3,30	2,33	1,98	2,22	2,65
V	8,05	4,90	6,65	10,88	5,43	3,91	4,92	7,00

Fuente: Trabajo de campo para esta investigación.

Anexo I. Datos de campo obtenidos para el número de hojas de las plántulas sembradas en sustrato tradicional (S1) y sustrato de compost y aserrín (S2).

Nº	CACHIMBO NÚMERO DE HOJAS		NOGAL CAFETERO NÚMERO DE HOJAS		LEUCAENA NÚMERO DE HOJAS		COPOAZU NÚMERO DE HOJAS	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
1	8	8	7	6	36	36	7	8
2	9	7	5	5	40	36	5	6
3	11	9	7	4	58	32	4	9
4	13	10	8	8	57	36	6	8
5	10	12	10	7	56	48	5	8
6	13	12	5	9	48	52	4	7
7	12	12	8	5	50	56	7	9
8	11	13	7	8	36	52	6	7
9	9	11	8	9	42	48	5	6
10	8	11	9	10	42	36	6	5
11	11	12	10	5	36	40	5	4
12	15	9	5	6	38	40	6	5
13	11	9	7	4	40	44	5	4
14	13	10	8	8	36	46	6	5
15	12	8	6	7	48	48	6	4
16	13	8	8	6	52	52	6	6
17	15	8	7	8	48	36	6	4
18	12	13	8	5	46	48	5	5
19	15	13	7	9	48	32	4	5
20	13	12	5	4	48	36	8	8
21	14	8	6	5	48	38	7	7
22	11	11	8	6	46	40	6	5
23	9	11	9	8	48	50	7	5
24	12	9	7	7	46	52	8	5
25	11	8	10	9	42	56	5	5
26	11	8	9	8	42	48	6	6
27	13	11	8	9	36	52	4	8
28	15	7	6	9	48	49	5	6
29	15	7	7	7	50	47	6	8
30	15	12	8	9	48	45	5	7
31	11	10	5	8	42	35	6	7
32	10	7	8	9	36	39	5	6
33	9	8	6	7	36	41	7	5
P	11,82	9,82	7,33	7,09	44,64	43,82	5,73	6,15
DE	2,14	1,99	1,47	1,76	6,43	7,14	1,07	1,50
V	4,59	3,97	2,17	3,09	41,36	51,03	1,14	2,26

Fuente: Trabajo de campo para esta investigación.

Anexo J. Datos de campo obtenidos para el peso de las plántulas sembradas en sustrato tradicional (S1) y sustrato de compost y aserrín (S2).

Nº	CACHIMBO		CACHIMBO	
	PESO INICIAL DE LA BOLSA		PESO FINAL DE LA BOLSA	
	S1	S2	S1	S2
1	510	300	530	330
2	500	305	510	350
3	475	290	490	320
4	480	252	503	282
5	490	288	501	299
6	500	294	538	303
7	499	303	537	333
8	502	291	558	321
9	482	290	538	320
10	505	292	507	322
11	475	293	520	323
12	485	300	535	330
13	485	290	536	320
14	488	285	548	353
15	498	300	524	330
16	492	294	528	324
17	480	289	505	330
18	460	279	550	350
19	530	309	525	320
20	525	286	530	282
21	495	292	540	299
22	488	287	550	303
23	487	284	549	333
24	508	282	552	321
25	488	300	532	320
26	507	292	520	322
27	490	292	525	323
28	485	285	520	330
29	486	290	535	320
30	498	279	538	353
31	474	295	548	330
32	520	295	542	324
33	496	294	546	319
P	493,42	290,82	530,61	322,39
DE	14,98	9,88	16,78	16,90
V	224,25	97,59	281,56	285,50

Fuente: Trabajo de campo para esta investigación.

Anexo K. Fórmulas estadísticas utilizadas para la prueba de hipótesis.

El T- Calculado se halló utilizando la fórmula

$$T \text{ cal} = \frac{S_2 - S_1}{\sqrt{n} / \delta_2}$$

Donde S_2 y S_1 son las medias estimadas para las variables en el sustrato a evaluar y el sustrato tradicional respectivamente; n el número de repeticiones en el experimento (en este caso el número de especies utilizadas) y δ_2 la desviación estándar para la variable del sustrato a evaluar.

Para Z Calculado se uso la misma fórmula

$$\text{En este caso } Z \text{ Calc.} = \frac{S_2 - S_1}{\sqrt{n} / \delta_2}$$

Los valores de Z de la tabla retomaron de una tabla estándar de distribución de frecuencias T-studen y norman (z) respectivamente.