

PROYECTO APLICADO INGENIERIA AMBIENTAL

Producción de plantas forestales de la especie *tectona grandis* a partir de compostaje obtenido de residuos sólidos orgánicos domésticos en Tarqui-Huila

Andrea Ortiz Torres

Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD

Este proyecto de grado se realizó como requisito para optar el título de Ingeniera ambiental y fue

asesorado por la tutora Claudia Patricia Cortes

Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente-ECAPMA

Programa de Ingeniería Ambiental

Tarqui, 2017

**DEDICATORIA**

Quiero dedicar este proyecto principalmente a Dios por darme a conocer el camino acertado para lograr cada uno de los objetivos propuestos en mi vida. Igualmente mostrar los frutos de cada esfuerzo que han realizado mis padres Nancy Torres García Y Rolando Ortiz Valenzuela, quienes con mucho cariño invirtieron de forma económica y afectiva en cada proceso, con el fin de conseguir un excelente aprendizaje fundamental para mi futuro.

## **AGRADECIMIENTOS**

Todos los logros y oportunidades que se presentan en el transcurrir de la vida se los debo a Dios, pues es el quien hace posible lo imposible ya que nos da la fuerza y motivación suficiente para sobrepasar los obstáculos que se presentan en el camino. Agradezco a mis padres por poner su confianza en mí, durante este proceso de formación como profesional, al igual que a todas las personas cercanas. A los ingenieros que hacen parte de la prestigiosa universidad nacional abierta y a distancia UNAD en especial a la ingeniera Claudia Cortes, quien estuvo presta a servir, brindándome asesoría y compartiendo su robusto conocimiento y admirable personalidad conmigo. También agradecer a la comunidad del barrio san Antonio quienes con disposición y colaboraron hicieron posible la obtención de residuos sólidos orgánicos, fundamentales para la continuidad del proyecto. Por ultimo agradezco infinitamente a Deymar Samboni por contribuir significativamente con su amor y compromiso intrínseco en el desarrollo de cada una de las fases de este proyecto.

**TABLA DE CONTENIDO**

RESUMEN.....	10
Palabras clave:.....	10
INTRODUCCIÓN .....	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
OBJETIVOS .....	16
GENERAL.....	16
ESPECÍFICOS .....	16
JUSTIFICACIÓN .....	17
MARCO TEORICO.....	19
METODOLOGIA .....	24
FASE 1 .....	24
Obtención de residuos sólidos orgánicos domésticos .....	24
FASE 2.....	25
Proceso de compostaje .....	25
FASE 3 .....	27
Producción de plantas de <i>Tectona grandis</i> .....	27
RESULTADOS .....	29
FASE 1 .....	29

## PROYECTO APLICADO INGENIERIA AMBIENTAL

Obtención de residuos sólidos orgánicos domésticos .....	29
FASE 2 .....	36
Proceso de compostaje .....	36
FASE 3 .....	43
Producción de plantas de <i>Tectona grandis</i> .....	43
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	61
CONCLUSIONES .....	76
RECOMENDACIONES .....	79
BIBLIOGRAFÍA.....	81

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Rangos de parámetros óptimos en el proceso de compostaje.....	26
Tabla 2. Condiciones edafoclimaticas óptimas .....	27
Tabla 3. Condiciones edafoclimaticas presentes.....	27
Tabla 4. Código de colores residuos sólidos domésticos .....	30
Tabla 5. Plantilla de registro cantidades de residuos recolectados .....	33
Tabla 6. Plantilla de registro fase Mesofila, Termófila, Mesofila II.....	38
Tabla 7. Plantilla de registro fase de maduración parte I.....	38
Tabla 8. Plantilla de registro fase Maduración parte II.....	39
Tabla 9. Aplicación de material con altos niveles de carbono .....	41
Tabla 10. Rendimiento del proceso de compostaje.....	42
Tabla 11. Estimación de semillas por fruto.....	45
Tabla 12. Plantilla de registro tratamientos.....	52
Tabla 13. Plantilla de registro control de variables.....	56
Tabla 14. Peso y volumen promedio de residuos por días.....	63
Tabla 15. Fases del proceso de compostaje .....	65
Tabla 16. % de humedad optima vs humedad obtenida.....	66
Tabla 17. pH optimo vs pH obtenido .....	67
Tabla 18. N° plantas germinadas/tiempo .....	71
Tabla 19. Cantidades de compost empleado en el ensayo .....	72
Tabla 20. Contenido de NPK en el compost .....	73
Tabla 21. Altura promedio registrada. ....	73

**LISTA DE FIGURAS**

<i>Figura 1.</i> Socialización y charla. ....	29
<i>Figura 2.</i> Entrega de recipientes. ....	30
<i>Figura 3.</i> Recipientes rotulados. ....	31
<i>Figura 4.</i> Recolección de residuos sólidos orgánicos. ....	31
<i>Figura 5.</i> Residuos sólidos orgánicos recolectados. ....	32
<i>Figura 6.</i> Pesaje de residuos recolectados. ....	33
<i>Figura 7.</i> Adecuación del sitio. ....	35
<i>Figura 8.</i> Almacenamiento de residuos. ....	35
<i>Figura 9.</i> Medición de temperatura y humedad fase Mesofila, Termófila, Mesofila II y de Maduración. ....	36
<i>Figura 10.</i> Medición de pH fase Mesofila, Termófila, Mesofila II y de Maduración. ....	36
<i>Figura 11.</i> Toma de datos de la medición. ....	37
<i>Figura 12.</i> Fase Mesofila. ....	38
<i>Figura 13.</i> Fase termófila. ....	38
<i>Figura 14.</i> Fase mesofila II. ....	38
<i>Figura 15.</i> Fase de Maduración. ....	39
<i>Figura 16.</i> Volteo de compostaje. ....	40
<i>Figura 17.</i> Mezcla y aplicación de hongos, melaza y agua. ....	40
<i>Figura 18.</i> Aplicación de material con altos niveles de carbono. ....	41
<i>Figura 19.</i> Pesaje finalizado el proceso. ....	43
<i>Figura 20.</i> Recolección de semillas de teca. ....	44

## PROYECTO APLICADO INGENIERIA AMBIENTAL

<i>Figura 21.</i> Inmersión de frutos en agua. ....	44
<i>Figura 22.</i> Frutos expuestos al sol. ....	45
<i>Figura 23.</i> Semillas de teca por fruto.....	46
<i>Figura 24.</i> Fabricación de germinador.....	47
<i>Figura 25.</i> Desinfección del sustrato. ....	48
<i>Figura 26.</i> Plantación de semillas.....	48
<i>Figura 27.</i> Germinación de cotiledones.....	49
<i>Figura 28.</i> Ensayo con diferentes tratamientos. ....	51
<i>Figura 29.</i> Estado de plantas después del trasplante.....	53
<i>Figura 30.</i> Preparación de sustrato. ....	53
<i>Figura 31.</i> Embolsado con sustrato. ....	54
<i>Figura 32.</i> Plántulas listas para trasplantar. ....	54
<i>Figura 33.</i> Trasplante a bolsas. ....	55
<i>Figura 34.</i> Medición y observación de variables.....	55
<i>Figura 35.</i> Adecuación del sitio.....	56
<i>Figura 36.</i> Control de plantas. ....	59
<i>Figura 37.</i> Plantas listas para trasplantar. ....	60
<i>Figura 38.</i> Porcentajes de residuos sólidos orgánicos. ....	62
<i>Figura 39.</i> Volumen (m3)/Día de recolección.....	62
<i>Figura 40.</i> Peso (kg)/Día de recolección. ....	63
<i>Figura 41.</i> Grafica 3.Temperatura registrada durante el tiempo. ....	65
<i>Figura 42.</i> % de humedad registrada durante el tiempo.....	66
<i>Figura 43.</i> Grafica 5. Escala de pH.....	68

## PROYECTO APLICADO INGENIERIA AMBIENTAL

Figura 44. Reducción en peso de residuos sólidos orgánicos. ....	69
<i>Figura 45.</i> Reducción en volumen de residuos sólidos orgánicos. ....	69
<i>Figura 46.</i> N° Semillas/ N° fruto. ....	70
<i>Figura 47.</i> N° de plantas germinadas/tiempo. ....	71
<i>Figura 48.</i> Grafica 10. Altura (mm)/tratamiento. ....	74

## RESUMEN

La producción de plántulas forestales de la especie *tectona grandis* se llevó a cabo por medio del aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos generados por una cuadra del Barrio san Antonio ubicado en el municipio de Tarqui-Huila. En primer lugar se capacito a la comunidad seleccionada en cuanto a la separación adecuada de los residuos, por medio de material audiovisual. Se entregaron recipientes plásticos reciclados para que cada familia realizara su almacenamiento. Se realizó la recolección y transporte de residuos hasta el lugar de aprovechamiento para un total de 240 kg en un mes. Finalizado este tiempo, se procedió a realizar el proceso de compostaje donde se aplicaron una serie de suplementos (hongos melaza y agua) y se realizaron controles (temperatura humedad ph) para mejorar ciertas condiciones fisicoquímicas y biológicas que permitieran obtener un buen sustrato.

Trascurridos seis meses en los cuales se culminó la fase de maduración del compostaje, se obtuvo una reducción del 78,1%, el cual fue tamizado y utilizado como sustrato acompañado de tierra, en bolsas de polietileno, donde fueron trasplantadas el 76% (57unidades) de las plántulas germinadas las cuales fueron 75. Finalmente llevaron un control hasta que tuvieron un tamaño de 10-20 cm para ser llevadas a campo.

### **Palabras clave:**

Residuos sólidos orgánicos, compostaje, plántulas de teca.

## INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de recursos naturales constituye uno de los principales intervinientes en la solución de una gran variedad de problemáticas ambientales, aportando de esta manera al crecimiento del país por medio de técnicas sostenibles que garanticen el crecimiento socioeconómico sin afectar nuestro entorno natural.

Hoy en día trascienden las oportunidades para utilizar elementos, sustancias o materiales sólidos, los cuales habitualmente llamamos basuras, ya que para el ser humano después de su empleo en el desarrollo de cualquier actividad no tienen ningún valor, por tanto son abandonados, o desechados (Decreto 1713, 2002), favoreciendo de esta manera al deterioro ambiental dado a la inadecuada gestión que se les otorga a gran parte de estos.

Estas oportunidades consisten en reemplazar técnicas convencionales por no convencionales que nos permitan aplicar conocimientos y habilidades novedosas, donde se haga uso de residuos sólidos que tengan el potencial para involucrarse de nuevo al ciclo productivo como materia prima.

El gran potencial que tienen los residuos biodegradables y aprovechables es inmenso y de gran utilidad, ya que estos se emplean en la producción de compostaje, el cual reemplaza la aplicación de fertilizantes minerales utilizados en la agricultura (Ramos, A.D., Elein, T.A, 2014), como también en la generación de energía por medio de la descomposición e incineración y reducción de esta, dado a que se evita el uso de fuentes convencionales de energía que implican el uso de recursos naturales renovable y no renovables.

Dado a que existe una gran cantidad de residuos de origen domésticos que están constituidos en gran parte por biodegradables, los cuales tienen un alto potencial para aprovecharlos como

compostaje dentro de la agricultura, se ha planteado este proyecto para su uso como sustrato en la producción de plántulas forestales de la especie *tectona grandis*, la cual posee diversas características las cuales la convierten en una de las más valiosas del mundo (Acevedo, 2015).

La producción de plántulas forestales además de solucionar grandes problemáticas que resultan tras el inadecuado manejo de residuos sólidos, lo cual cada día es más preocupante debido a el acelerado crecimiento de la población (Rodríguez, L.A, 2002), aportan a la conservación del planeta, ya que ofrecen servicios ambientales, como la captación de agua, el mantenimiento del suelo, la captura de CO<sub>2</sub>, y la protección de la biodiversidad. (Ugalde, A.L & Gómez, F.M, 2006).

Este proyecto consto de tres fases, dentro de las cuales estuvo como primera la obtención de residuos sólidos domésticos en una cuadra del barrio san Antonio de Tarqui, comprendida por 14 familias, por medio de capacitaciones sobre la adecuada gestión de residuos sólidos, entrega de recipientes reciclados para el almacenamiento, posterior recolección y transporte en un periodo de un mes.

La segunda fase la integro el proceso del compostaje, donde se aplicaron procesos, ambientes y controles propicios como la aplicación y mezcla de microorganismos, melaza y agua, con el fin de asegurar las condiciones óptimas de temperatura, humedad y pH en cada fase, de tal manera que se logró el proceso aerobio necesario para la descomposición de estos residuos, sin causar daños o molestias, y permitiendo la obtención de compostaje de buena calidad.

La última fase la constituyo la producción de plántulas de *Tectona grandis*, donde se emplearon semillas recolectando los frutos desde el suelo, las cuales recibieron un tratamiento pre germinativo durante 15 días, y luego se procedió a su siembra en un germinador, donde permanecieron durante un mes, hasta el momento de su trasplante en bolsas de polietileno llenas

de sustrato conformado por tierra y compostaje en proporción 3:1, hasta que obtuvieron un tamaño de 10-20 cm para poder ser llevadas a campo.

Este trabajo contiene todos los pasos a seguir para obtener un beneficio común el cual es consagrado en la constitución política de Colombia, esto por medio del aprovechamiento de los residuos sólidos de origen doméstico en el municipio de Tarqui, dado a que se realizó un manejo adecuado a estos residuos por medio de su aprovechamiento como compostaje en la producción de plántulas forestales, las cuales a su vez ofrecieron un servicio económico y ambiental.

Con el desarrollo de este proyecto se quiso mostrar la importancia de aprovechar los residuos sólidos generados tras el desarrollo de actividades de manera sostenible, para que poco a poco se remplacen las técnicas convencionales implementadas en agricultura actual, con el fin de contribuir a frenar el deterioro ambiental que con nuestras malas acciones estamos causando al planeta. (Rodríguez, L.A, 2002).

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad atravesamos una era en la cual necesitamos de nuevos mecanismos, estrategias y tecnologías, capaces de prevenir y mitigar los posibles impactos ambientales que con el desarrollo de actividades antrópicas generamos al planeta.

A nivel mundial se ha evidenciado como gran parte de países industrializados, aportan drásticamente a la mayoría de problemáticas ambientales, dado a la falta de tecnologías sostenibles en cada proceso de producción, además de los malos hábitos de consumo, el crecimiento poblacional y la falta de cultura de países en vía de desarrollo.

La inadecuada gestión de residuos sólidos constituye una de las problemáticas de origen antrópico que más relevancia tiene en el mundo, pues según información dada a conocer por el banco mundial (2012), se habla de un aumento mundial del 70% de los residuos sólidos urbanos para el 2025, lo que implica un drástico deterioro ambiental.(Banco mundial, 2012).

En lo que concierne a la generación de residuos sólidos, nuestro país, produce cerca de 18.000 toneladas diarias, de las cuales 14.000 son de origen doméstico, (política nacional de producción más limpia, 1997), cifra que al pasar los días se va elevando drásticamente debido a el acelerado aumento de la población y al incumplimiento de PGIRS establecidos en cada ciudad o municipio.

A nivel local la mayoría de municipios del Huila realizan la disposición final de residuos sólidos en la planta de tratamiento de residuos sólidos los Ángeles ubicados en la ciudad de Neiva, obteniendo una cantidad de 95.788,67 ton/año para el 2016. Esta cantidad contiene residuos orgánicos e inorgánicos ya que estos no son separados y por lo tanto no son susceptibles de ser aprovechados.

El municipio de Tarqui, ubicado en la zona centro del departamento del Huila, enfrenta esta problemática ambiental, donde el inadecuado manejo de residuos sólidos, se ve reflejado en sus alrededores, lo que otorga no solo un mal aspecto al municipio, sino que incrementa el deterioro de los distintos componentes bióticos y abióticos, que conforman los diversos ecosistemas, dado a que se contaminan las aguas por escorrentía y percolación de lixiviados, el aire por la emisión de gases, el suelo por disposición directa de residuos que liberan lixiviados, afectación del paisaje natural y urbano por disposición a cielo abierto, y afectación a la salud pública por la proliferación de vectores transmisores de enfermedades, entre otros. (Suarez, 2000).

Según el PGIRS (2015), 74 ton/mes de residuos sólidos son generados en el municipio de Tarqui, de las cuales el 49,31 % corresponden a residuos sólidos orgánicos, ocupando estos un alto porcentaje frente a los demás residuos (papel, plástico, metal, vidrio, madera etc.). (Claros, 2015). Igualmente dentro de este PGIRS se han establecido y acordado para un periodo del 2015-2030, planes, proyectos y programas encaminados a realizar una adecuada gestión de los residuos sólidos generados por cada uno de los sectores del municipio, sin embargo, una parte de lo ahí establecido no se está llevando a cabo, dado a que los residuos que tienen potencial para ser involucrados de nuevo a un ciclo productivo no están siendo aprovechados como se acuerda por medio de los proyectos a corto, mediano y largo plazo. Por tanto surge este proyecto con el fin de que se puedan aprovechar los residuos sólidos orgánicos generados en un sector específico del municipio, lo cual permita conocer ¿Como el compostaje obtenido a partir de residuos sólidos orgánicos domésticos aporta a la producción de plantas forestales de la especie *tectona grandis*?. Esta sería una gran pregunta a responder dado a que el municipio desconoce los factores tanto sociales, ambientales y económicos que se beneficiarían con la puesta en marcha de proyectos de aprovechamiento en diferentes ámbitos.

## OBJETIVOS

### GENERAL

Producir plantas forestales de la especie *Tectona Grandis* a partir de material compostado obtenido de residuos sólidos orgánicos domésticos en Tarqui-Huila.

### ESPECÍFICOS

- Implementar una adecuada gestión, para obtener residuos sólidos orgánicos domésticos en óptimas condiciones para ser procesados.
- Obtener compostaje a partir de la transformación de los residuos sólidos orgánicos generados para la plantación de *Tectona Grandis*.
- Aprovechar el material compostado mediante la producción de 200 plantas de *Tectona grandis*.

## JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta las oportunidades que tiene el municipio, frente a el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, dado a la oferta generada (0,02 ton/hab/mes), como la demanda de abono orgánico necesario para llevar a cabo actividades agroforestales en el municipio de Tarqui-Huila (Claros, 2015), se ejecutó este proyecto de tal manera que se lograra conocer la contribución ambiental, social y económica del aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos domésticos, mediante la inclusión de estos al ciclo productivo como compostaje que sirva como sustrato para producir 200 plántulas forestales de la especie *tectona grandis*.

El proyecto surgió dado a que el PGIRS del municipio de Tarqui, presenta ciertas dificultades a la hora de su ejecución, dado a que no se cumplen varios aspectos, entre los cuales la separación en la fuente y el aprovechamiento de residuos sólidos que pueden ser involucrados de nuevo al ciclo productivo como materia prima.

Según el artículo 91 del decreto 2981 DE 2013, el municipio o distrito deberá diseñar implementar y mantener actualizado un programa de aprovechamiento de residuos sólidos como parte del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) (decreto N°2981, 2013). De acuerdo a esto se confirma que el municipio debería invertir en el aprovechamiento de residuos, por el contrario estas labores no se están llevado a cabo, por lo tanto se tiene como consecuencias altas cifras en cuanto a cantidades en masa y volumen de residuos sólidos a ser dispuestos en el relleno sanitario los ángeles (Claros, 2015), a cielo abierto, incineración entre otras inadecuadas técnicas.

La contribución del proyecto consiste en una reducción del total de residuos sólidos orgánicos domésticos recolectados en un mes, de tal manera que se reduzcan las cantidades en masa y

volumen a ser dispuestas en el relleno sanitario los ángeles, a cielo abierto o en fuentes hídricas, obtención de residuos debidamente separados, y producción de 200 plántulas forestales de *tectona grandis* utilizando el porcentaje de compostaje obtenido a partir de los residuos sólidos orgánicos recolectados.

El proyecto aporta en gran medida a factores relevantes de mi carrera como ingeniera ambiental, ya que interviene en la conservación del medio ambiente y al uso sostenible de los recursos naturales imprescindibles para la vida, que de una u otra manera estamos acabando, hasta tal punto que las posibilidades de brindar un buen futuro para nuestras próximas generaciones son muy limitadas.

La gran problemática arraigada por el inadecuado manejo de los residuos sólidos, involucra a la sociedad en general donde los principales perjudicados y beneficiados por la situación que se presente se verá reflejado en el bienestar de cada uno, por ello el proyecto ejecutado, en el cual estos son los protagonistas de los cuales dependen los resultados, es fundamental en la resolución del problema de una pequeña parte de la población del municipio de Tarqui, y con ello una pauta para seguir aplicándola en la solución del problema en su totalidad a corto plazo por medio de capacitaciones, mediano plazo realizando una adecuada gestión y a largo plazo creando y administrando zonas que promuevan el desarrollo de especies. (Decreto 2811, 1974).

## MARCO TEORICO

En nuestro país se llevan a cabo un sin número de actividades antropogenicas (realizadas por el hombre) de una manera insostenible causando un acelerado deterioro del medio ambiente.

La constitución política de Colombia, la ley 99 de 1993, La política para la gestión integral de residuos sólidos de 1998, el decreto 1713 de 2002, derogado por artículo 120 del decreto 2981 de 2013, el decreto 2811 de 1974, el decreto 506 de 2013, decreto 1505 de 2003 y el PGIRS del municipio de Tarqui, establecen y contienen las pautas para accionar correctamente en cuanto a aspectos ambientales, específicamente lo relacionado con la adecuada gestión de residuos sólidos, por lo tanto estas han sido objeto de estudio para la puesta en marcha de este proyecto el cual busca otorgar un aprovechamiento a los residuos orgánicos que se generan diariamente en nuestros hogares.

Estudios realizados en diferentes lugares del mundo, han comprobado los beneficios ambientales, sociales y económicos, tras el aprovechamiento de residuos sólidos, entre los cuales está la evaluación del efecto de la materia orgánica o de productos derivados de ésta, sobre el crecimiento de la planta o la producción de los cultivos. Buniselli et al. (1990), en los cuales encontraron un aumento del peso y altura de la planta, longitud de la mazorca y rendimiento de grano en maíz, cuando aplicaron 100, 300 y 900 kg/ha de residuos sólidos urbanos (RSU) compostados, junto con aplicaciones complementarias de NPK. De la misma manera, Climent et al. (1990), al añadir 18 y 36 t/ha de RSU compostado y con una relación C/N, corregida con la aplicación de fertilizante nitrogenado mineral, lograron incrementar el rendimiento de papa en un 25% con relación al control (Julca, Meneses, Blas, Bello, 2006). Estos son algunos de tantos

estudios que demuestran los beneficios del aprovechamiento que se pretende realizar con este proyecto.

Actividades que implican afectación directa e indirecta a los diferentes componentes bióticos (seres que tienen vida; animales, plantas bacteria, etc.) y abióticos (todos aquellos elementos que no tienen vida y están formados por los componentes físicos y químicos que influyen sobre los seres vivos en un ecosistema, ellos son: Agua, suelo, luz, temperatura y atmosfera), (Gómez, 2009), tales como el inadecuado manejo de los residuos sólidos, la producción de energía, la agricultura entre otras actividades, deben ser controladas y supervisadas por medio de acciones sostenibles (desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades), esta idea ha sido recogida en la definición del término 'desarrollo sostenible' hecha por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (la Comisión Brundtland) en 1987. (CNUMAD, 2002).

Partiendo de esta idea, y teniendo en cuenta las problemáticas ambientales presentadas actualmente en el municipio de Tarqui, se pretende realizar aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos domesticos, ya que el aprovechamiento es un factor importante para ayudar a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de agua y energía, preservar los sitios de disposición final y reducir la contaminación ambiental. Además el aprovechamiento tiene un potencial económico, ya que los materiales recuperados son materias primas que pueden ser comercializadas (política para la gestión integral de residuos sólidos, 1998, pág. 16).

Para poder ejecutar el proyecto aplicado se necesitan conocer las técnicas y metodologías que serán aplicadas de tal manera que se hace necesario nombrarlas:

En cuanto a la producción de compostaje, el cual es una mezcla de materia orgánica (todo tipo de residuo, originado a partir de un ser compuesto de órganos naturales) en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes (Portal Terminológico de la FAO, FAOTERM3, Citado en Román, Martínez, Pantoja, 2013), debe cumplir diferentes etapas para conseguir un compost de calidad:

**Fase Mesófila:** El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días). (Román, Martínez, Pantoja, 2013, pág. 23)

**Fase Termófila o de Higienización:** Como consecuencia de la intensa actividad de las bacterias y el aumento de la temperatura alcanzado en la pila de residuos, provoca la aparición de organismos termófilos (bacterias y hongos). Estos organismos actúan a temperaturas mayores (entre 50 y 65° C), produciendo una rápida degradación de la materia. La temperatura alcanzada durante esta fase del proceso garantiza la higienización y eliminación de gérmenes patógenos, larvas y semillas. Pasado este tiempo disminuye la actividad biológica y se estabiliza el medio. (Amigos de la tierra España, 2011, pág. 19).

**Fase de Enfriamiento o Mesófila II:** Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad

y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración. (Román, Martínez, Pantoja, 2013 pág. 24)

Fase de maduración: Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. (Román, Martínez, Pantoja, 2013, pág. 24)

Para lograr estas fases se deben proporcionar unas condiciones óptimas de temperatura (Medición de la variación de calor y frío según la fase) humedad (suministro de agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular.), y oxígeno (aireación adecuada que permite la respiración de los microorganismos), pH (Nivelación de acidificación y alcalinización según la fase). (Román, Martínez, Pantoja, 2013, pp 25-29)

La especie a plantar es una especie introducida según el artículo 2 de la resolución 711 del 31 de octubre de 1994, la cual cuenta con una alta capacidad de rebote lo que la hace resistente a incendios forestales, es una especie que ofrece servicios ambientales como lo es la captura de carbono que contribuye a reducir la concentración de los gases con efecto invernadero en la atmósfera (Ugalde, Gómez, 2006). Además la gran demanda de esta madera y el interés medioambiental y económico de este cultivo, han hecho de la TECA uno de los recursos más interesantes para ecosistemas de los bosques húmedos en la creación de riqueza y la mejora del medio ambiente, con el desarrollo de una agricultura limpia y sostenible (Zaragoza, 2009)

Las semillas de teca, poseen un porcentaje de germinación que varía de 40 a 80%, además requieren tratamientos de escarificación para acelerar y uniformizar la germinación. El

tratamiento que se utilizara será el secado y remojo alterno hasta que inicie la germinación, el cual consiste en inmergir y exponer al sol las semillas durante un periodo de 24 horas por 15 días. (Chaves, Fonseca, 1991, pág. 17)

La fertilización que consiste en proporcionar nutrientes a las plantas, (Decreto 506, 2013), será necesaria en el proceso que llevaran las plántulas, ya que diferentes estudios han demostrado que la fertilización con N,P,K nitrógeno fosforo y potasio respectivamente, denominados como macronutriente (suministran mayor energía), en viveros de teca brindan buenos resultados, puesto que se obtienen plantas de buen color y vigor, se acelera el crecimiento y se reduce la incidencia de enfermedades en el vivero (Nwoboshi,1975, Sundralingam, 1982, tewari, 1991. citado en Alvarado,2006:5).

## METODOLOGIA

El presente proyecto fue desarrollado en el municipio de Tarqui-Huila, donde los involucrados fueron 14 familias conformadas por aproximadamente 42 personas pertenecientes a una cuadra del barrio san Antonio.

Se dividió en tres fases con el fin de cumplir los objetivos propuestos:

### FASE 1

#### **Obtención de residuos sólidos orgánicos domésticos**

Para fines del proyecto, lo cual corresponde a la producción de *tectona grandis* se requirió material compostado obtenido a partir de residuos sólidos orgánicos domésticos por tanto se comenzó con el desarrollo de esta fase.

De acuerdo con lo anterior para obtener el total de residuos sólidos orgánicos domésticos, se consultó la producción per cápita de residuos sólidos orgánicos en el PGIRS del municipio de Tarqui-Huila (0,02 ton/hab/mes) la cual fue determinada por medio de caracterización física de los residuos, tomando las toneladas generadas día y el total de edificaciones (Claros, 2015), de tal manera que permitió tener una aproximación de la cantidad de residuos que se obtendrían en un mes, la cual sería de 840 kg.

Cantidad de residuos organicos/mes= N° hab/cuadra\*prod per

Cantidad de residuos organicos/mes= 42\*0.02=0,84ton/mes\*1000=840 kg

Esta es una cantidad relativamente alta si se compara lo que se necesita, pero se debe tener en cuenta diferentes variables tales como el material orgánico a aprovechar el cual corresponde únicamente a cascaras de frutas, verduras y huevo y la reducción del material en cuanto a lo que ingresa y lo que sale.

Para determinar el porcentaje de cascaras de frutas, verduras y huevos, se tuvo en cuenta la cantidad de residuos generados durante un mes, el cual se le restó a la producción total de materia orgánica establecida en la tabla de totales caracterización física del PGIRS del municipio de Tarqui. (Claros, 2015).

Para obtener esta cantidad de residuos, se comenzó por solicitar la autorización y la colaboración de la comunidad seleccionada para la ejecución del proyecto, enseguida se procedió a capacitar casa a casa, las 14 familias del barrio san Antonio, por medio de material audiovisual, en el cual se dio a conocer de manera detallada por medio de gráficas y dibujos, la forma adecuada para separar y almacenar los residuos que se emplearían en el proceso de compostaje (cascaras de frutas, verduras y huevos). Además, se entregó a cada familia recipientes plásticos reciclados con capacidad de 3 litros debidamente rotulados, para que realizarán la debida separación y almacenamiento de los residuos nombrados anteriormente.

La recolección de residuos sólidos orgánicos se realizó al final del día, de lunes a domingo durante un mes, se revisó si se había realizado la separación adecuadamente y se registraron por medio de una plantilla las cantidades diarias de residuos sólidos orgánicos recolectas en peso y volumen. Teniendo en cuenta lo anterior se realizó el cálculo de la PPC real en cuanto al material orgánico utilizado (cascaras de frutas, verduras y huevos).

## **FASE 2**

### **Proceso de compostaje**

Los residuos sólidos orgánicos recolectados en la fase anterior, fueron depositados en una cama fabricada en guadua, de tal manera que supliera el volumen necesario.

Almacenados los residuos recolectados, se procedió a realizar el proceso de descomposición de la materia orgánica, empleando hongos de la especie *trichoderma* acompañados de agua y

melaza con el fin de acelerar la descomposición. Junto a este proceso se realizó el volteo y se aplicó material con alto contenido de carbono, de tal manera que se aseguraran las condiciones aerobias del sustrato. (Sanclemente, García, Valencia, 2011).

El tiempo estimado para la mezcla del compostaje y la aplicación de lo anteriormente dicho, se realizó dependiendo de las condiciones en las cuales se encontrara el sustrato, con el fin de garantizar las condiciones establecidas en el siguiente cuadro:

**Tabla 1**

*Rangos de parámetros óptimos en el proceso de compostaje*

<b>Parámetro</b>	<b>Rango ideal al comienzo (2-5 días)</b>	<b>Rango ideal para compost en fase termofílica II (2- 5 semanas)</b>	<b>Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)</b>
<b>Humedad</b>	50%-60%	45%-55%	30% - 40%
<b>pH</b>	6,5-8,0	6,0-8,5	6,5 – 8,5
<b>Temperatura</b>	45- 60°C	45°C- temperatura ambiente	Temperatura ambiente
<b>Densidad</b>	250-400Kg/m <sup>3</sup>	<700 kg/m <sup>3</sup>	<700 kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Román, Martínez y Pantoja (2013).

La medición de las condiciones necesarias del compostaje fueron registradas en una plantilla durante los seis meses en los cuales se alcanzó la fase de maduración, donde se consiguió un sustrato descompuesto.

El total de sustrato obtenido en peso y volumen fue calculado, de tal manera que se pudiera conocer su rendimiento en comparación de los valores obtenidos en la recolección de la fase 1.

### FASE 3

#### Producción de plantas de *Tectona grandis*

Según Vinueza (2012), La especie *tectona grandis* debió contar con condiciones favorables para su adaptación, germinación y crecimiento:

**Tabla 2**

*Condiciones edafoclimaticas óptimas*

Temperatura	Altitud	Precipitación
22- 28 °C	750 msnm	1000-2200 mm

Fuente: Vinueza (2012).

De tal manera que se tuvieron en cuenta las siguientes características edafoclimáticas correspondientes al lugar donde se ejecutó el proyecto:

**Tabla 3**

*Condiciones edafoclimaticas presentes*

Temperatura	Altitud	Precipitación
24 °C	0 – 800 msnm	789.7 mm

Fuente: Municipio de Targuá (2013).

Teniendo en cuenta las condiciones edafoclimaticas presentes, se procedió a la consecución de 320 frutos maduros de árboles de teca hallados en el municipio de Garzón-Huila, los cuales fueron recolectados desde el suelo despejando la capa externa (pericarpio) para luego ser expuestos a un tratamiento pre germinativo con el fin de acelerar y uniformizar la germinación

de las semillas por medio de escarificación física, la cual consistió en sumergir en agua y exponer los frutos al sol alternamente durante un periodo de 15 días.

Completado el pre tratamiento se usaron 20 frutos en un ensayo para determinar el número de semillas que contenían. El número de frutos restantes fueron sembradas en un germinador el cual contenía una capa de arena y tierra en una proporción 3:1 previamente tamizada y desinfectada con calor. El proceso de germinación llevo un respectivo control.

El compostaje obtenido fue utilizado como sustrato junto con tierra en proporción 3:1 tierra, compost, para llenar las bolsas de polietileno en cantidades de 2,5 kg/unid. (Román, Martínez, Pantoja, 2013, pág. 42), donde fueron trasplantadas las 57 plántulas de *tectona grandis* ya germinadas cuando estas contaban con 2 a 4 hojas verdaderas, además se realizó un experimento con 6 tipos de muestras que contenían diferente sustratos (**1.** Tierra, **2.** Tierra+compost 3:1, **3.** Tierra+1 gramo de fertilizante, **4.** Tierra compost 1:1, **5.** Tierra compost 3:1+1 gramo de fertilizante mineral, **5.** Tierra+compost 1:1+1 gramo de fertilizante mineral), esto con el fin de lograr garantizar los beneficios que aporta el compost obtenido a partir de residuos sólidos orgánicos en comparación de otros sustratos.

Trasplantadas las plántulas de *tectona grandis*, se realizaron los siguientes controles hasta que alcanzaron el tamaño adecuado para ser llevadas a campos 10-20 cm; (Arzubialde, 2007):

- Se Regaron las plantas todos los días en horas de la mañana y de la tarde.
- Se podaron las malezas de las plantas cada 8 días.
- Se aplicó fertilizante mineral en proporción de 1g por planta cada 15 días, de tal manera que se mejorara su rendimiento, color y vigor.
- Se registró en una plantilla el crecimiento de cada planta, para conocer su progreso cada semana. (Medición de altura, número de hojas y color).

## RESULTADOS

El proyecto se desarrolló en tres fases donde se obtuvieron los siguientes resultados:

### FASE 1

#### Obtención de residuos sólidos orgánicos domésticos

##### *Socialización y charla con la comunidad*

Se realizó la socialización del proyecto con cada una de las familias, donde se contó con la debida autorización y colaboración de la comunidad. Seguidamente se realizó la charla por medio de material audiovisual el cual contenía dibujos didácticos y prácticos, donde se enseñó la forma adecuada para separar los residuos sólidos en cada fuente de generación específicamente residuos orgánicos tales como cascaras de frutas verduras y huevos, además se dio a conocer los beneficios ambientales, sociales y económicos de la ejecución del proyecto,



Figura 1. Socialización y charla.

Fuente: Autor, 2017.

***Entrega de recipientes***

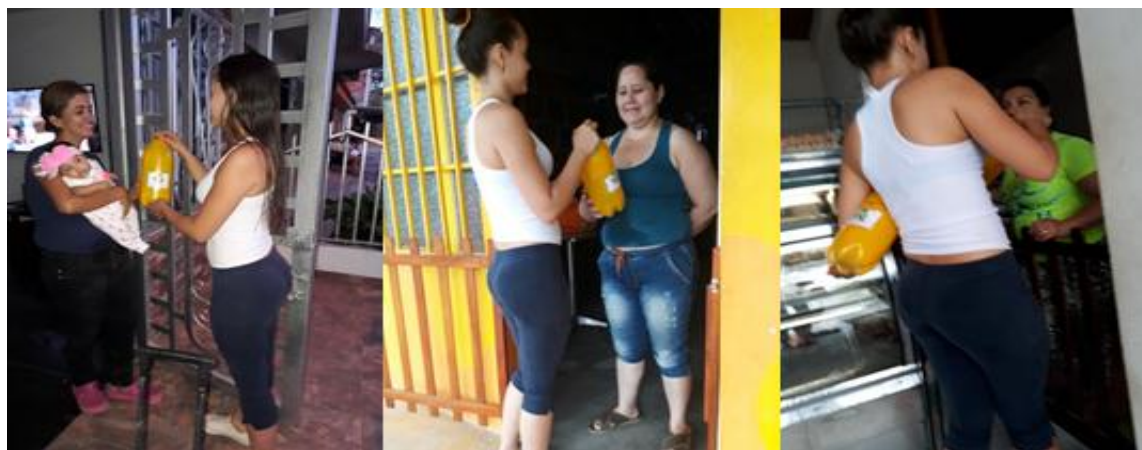
Se entregaron 14 recipientes reciclados, debidamente rotulados con el tipo de residuos objeto del proyecto (cascaras de frutas, verduras y huevos), los cuales fueron pintados de color amarillo dado a que el objetivo del proyecto estaba ligado solo a recoger residuos biodegradables, por tanto no era motivo de confusión y no se siguió del código de colores establecido por la GTC 24. Los recipientes contaban con capacidad de 3 litros, y fueron entregados a cada una de las 14 familias para que pusieran en práctica lo enseñado durante la charla, la cual consistió específicamente en la adecuada separación de residuos orgánicos tales como cascaras de frutas, verduras y huevos.

**Tabla 4**

*Código de colores residuos sólidos domésticos*

Sector	Tipo de residuo	Color
Domestico	Aprovechables	Blanco
	No aprovechables	Negro
	Orgánicos biodegradables	Verde

*Fuente: GTC 24, 2009.*



*Figura 2. Entrega de recipientes.*

*Fuente: Autor, 2017.*



Figura 3. Recipientes rotulados.  
Fuente: Autor, 2017.

### ***Recolección de residuos***

Se recolectaron los residuos sólidos orgánicos respectivamente separados y almacenados (Cascaras de frutas verduras y huevos), teniendo en cuenta que estos no contuvieran residuos inorgánicos.



Figura 4. Recolección de residuos sólidos orgánicos.  
Fuente: Autor, 2017.



*Figura 5.* Residuos sólidos orgánicos recolectados.

*Fuente:* Autor, 2017.

Este proceso se realizó con 14 familias constituidas por 42 integrantes donde se recolectaron los residuos orgánicos generados en cada fuente a las 6 de la tarde de lunes a domingo, durante un mes.

A medida que fueron recolectados los residuos durante los 31 días del mes en el cual se realizó este proceso, se pesó y se calculó el volumen diario de residuos orgánicos recolectados por medio de una báscula y del volumen que contenía la caneca, lo cual fue registrado en la siguiente tabla. .



Figura 6. Pesaje de residuos recolectados.

Fuente: Autor, 2017.

**Tabla 5**

*Plantilla de registro cantidades de residuos recolectados*

Día de recolección	Peso (kg)	Volumen (m3)
<b>Lunes 6/marzo</b>	8	0,025
<b>Martes 7/marzo</b>	8	0,025
<b>Miércoles 8/marzo</b>	8,8	0,028
<b>Jueves 9 de marzo</b>	8,9	0,028
<b>Viernes 10/marzo</b>	11,7	0,037
<b>Sábado 11/marzo</b>	8,3	0,025
<b>Domingo 12/marzo</b>	6,5	0,022
<b>Lunes 13/marzo</b>	6,9	0,022
<b>Martes 14/marzo</b>	7,8	0,024
<b>Miércoles 15/marzo</b>	8,1	0,025
<b>Jueves 16/marzo</b>	7,9	0,025
<b>Viernes 17/marzo</b>	10,8	0,033
<b>Sábado 18/marzo</b>	8,2	0,025
<b>Domingo 19/marzo</b>	9,8	0,03
<b>Lunes 20/marzo</b>	4,7	0,018
<b>Martes 21/marzo</b>	8,8	0,025
<b>Miércoles 22/marzo</b>	6,5	0,02
<b>Jueves 23/marzo</b>	7,9	0,025
<b>Viernes 24/marzo</b>	6	0,02

<b>Sábado 25/marzo</b>	13,9	0,05
<b>Domingo 26/marzo</b>	9	0,026
<b>Lunes 27/marzo</b>	6,3	0,02
<b>Martes 28/marzo</b>	8,8	0,029
<b>Miércoles 29/marzo</b>	8,9	0,032
<b>Jueves 30/marzo</b>	4,3	0,015
<b>Viernes 31/marzo</b>	6,9	0,02
<b>Sábado 01/abril</b>	6,9	0,02
<b>Domingo 02/abril</b>	5,3	0,018
<b>Lunes 03/abril</b>	8,2	0,025
<b>Martes 04/abril</b>	8,6	0,025
<b>Miércoles 05/abril</b>	11,2	0,035
<b>Total/mes</b>	<b>251,9</b>	<b>0,797</b>

Fuente: Autor, 2017.

**% Reducción de residuos**

Según los registros de recolección, se obtuvo la siguiente reducción de residuos a ser dispuestos en el relleno sanitario los ángeles.

$$\% RR = \left( \frac{RSORM}{RSOGM} \right) \times 100$$

Dónde:

%RR= Porcentaje reducción de residuos

RSORM= Residuos sólidos orgánicos recolectados al mes

RSOGM= Residuos sólidos orgánicos generados al mes

$$\% RR = \left( \frac{0,252 \text{ Ton/mes}}{36,5 \text{ Ton/mes}} \right) \times 100$$

$$\% RR = 0,69$$

### *Adecuación del sitio*

Se adecuo el lugar donde se desarrolló el proyecto, de tal manera que se construyó un vivero con guadua y poli sombra.



*Figura 7. Adecuación del sitio.*

*Fuente: Autor, 2017.*

### *Almacenamiento de residuos*

Los residuos recolectados se almacenaron en una cama fabricada en guadua con dimensiones de 1:20 m de largo, 1 m de ancho y 0,70 m de profundidad, a la cual se le coloco un plástico con el fin de mantener la humedad y la temperatura adecuada.



*Figura 8. Almacenamiento de residuos.*

*Fuente: Autor, 2017.*

**FASE 2**

**Proceso de compostaje**

*Control y medición*

Los residuos recolectados en la fase anterior recibieron un control semanal de variables físicas (temperatura, humedad) y químicas (pH) utilizando un termo higrómetro y papel indicador universal respectivamente, con el fin de asegurar óptimas condiciones en cada fase del proceso, esto desde la siguiente semana del mes de marzo en la cual se cumplió una semana de recolección de residuos sólidos orgánicos domésticos.



Figura 9. Medición de temperatura y humedad fase Mesofila, Termófila, Mesofila II y de Maduración.  
Fuente: Autor, 2017.



Figura 10. Medición de pH fase Mesofila, Termófila, Mesofila II y de Maduración.  
Fuente: Autor, 2017.






*Figura 11.* Toma de datos de la medición.  
*Fuente:* Autor, 2017.

El control de este proceso fue registrado por medio de la siguiente plantilla:

**Tabla 6**

*Plantilla de registro fase Mesofila, Termófila, Mesofila II*

Fecha	Semana.1 <b>6-12Mar</b>	Semana.2 <b>13-19Mar</b>	Semana.3 <b>20-26Mar</b>	Semana.4 <b>27Mar-2Abril</b>	Semana.5 <b>3-9Abril</b>	Semana.6 <b>10-16Abril</b>	Semana.7 <b>17-23Abril</b>	Semana.8 <b>24-30Abril</b>	Semana.9 <b>1-7Mayo</b>	Semana.10 <b>8-14Mayo</b>
Temperatura	33,7°C	38,6°C	50,9°C	59,2°C	57,4°C	40,1°C	38,6°C	39,5°C	36,3	35,2°C
Ref temperatura	<b>15-40 C°</b>			<b>40-65 C°</b>				<b>15-40 C°</b>		
pH	4-5	4-5	8-9	8-9	8-9	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8
Ref pH	<b>4-6</b>			<b>8-9</b>				<b>7-8</b>		
Humedad	60%	66%	55%	55%	49%	60%	60%	52%	42%	40%
Ref Humedad	<b>Variable, dependiente de la humedad de entrada, entre 30%-60%</b>									
Aspecto										
	<i>Figura 12. Fase Mesofila. Fuente: Autor, 2017.</i>			<i>Figura 13. Fase termófila. Fuente: Autor, 2017.</i>			<i>Figura 14. Fase mesofila II Fuente: Autor, 2017.</i>			

Fuente: Román, Martínez y Pantoja (2013).

**Tabla 7**

*Plantilla de registro fase de maduración parte I*

Fecha	Semana.11 <b>15-21May</b>	Semana.12 <b>22-28May</b>	Semana.13 <b>20-28May</b>	Semana.14 <b>29May-4Jun</b>	Semana.15 <b>5-11Jun</b>	Semana.16 <b>12-18Jun</b>	Semana.17 <b>19-25Jun</b>	Semana.18 <b>26Jun-2Jul</b>	Semana.19 <b>3-9Jul</b>
Temperatura	34,7°C	34,7°C	33,5°C	33,7°C	35,4°C	31,7°C	31,5°C	30,5°C	30,9°C
Ref	<b>Temperatura ambiente</b>								

temperatura									
pH	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7
Ref pH					<b>6-8</b>				
Humedad	46%	45%	42%	40%	37%	44%	41%	40%	45%
Ref Humedad	<b>Variable, dependiente de la humedad de entrada, entre 30%-60%</b>								

Fuente: Román, Martínez y Pantoja (2013).

**Tabla 8**

*Plantilla de registro fase Maduración parte II*

Fecha	Semana.20 <b>10-16Jul</b>	Semana.21 <b>17-23Jul</b>	Semana.22 <b>24-30Jul</b>	Semana.23 <b>31Jul-6Agos</b>	Semana.24 <b>7-13Agos</b>	Semana.25 <b>14-20Agos</b>	Semana.26 <b>21-27Agos</b>	Semana.27 <b>28Agos-3Sept</b>	Semana.28 <b>4-10 Sept</b>
Temperatura	29,8°C	27,8°C	27°C	27,8°C	35,2°C	31,2°C	34,4°C	29,8°C	35,6°C
Ref temperatura	<b>Temperatura ambiente</b>								
pH	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7
Ref pH					<b>6-8</b>				
Humedad	48%	42%	40%	39%	37%	37%	30%	32%	29%
Ref Humedad	<b>Variable, dependiente de la humedad de entrada, entre 30%-60%</b>								



Fuente: Román, Martínez y Pantoja (2013).

Se volvió el compostaje cada vez que se obtuvieron condiciones fisicoquímicas inadecuadas con el fin obtener un ambiente aerobio.

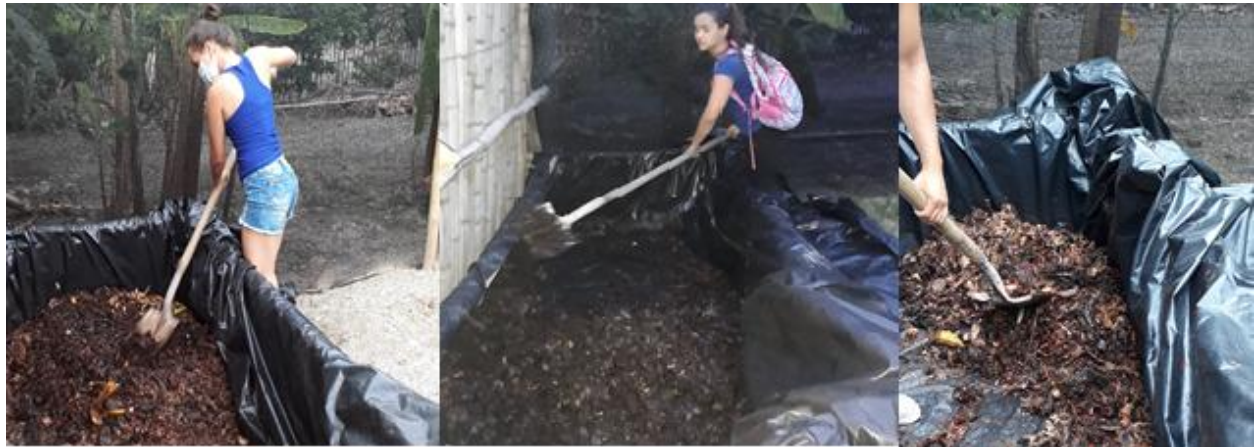


Figura 16. Volteo de compostaje.

Fuente: Autor, 2017.

Dado a las condiciones en la cuales se encontró el proceso de descomposición de la materia orgánica, se aplicó con regadera una mezcla de hongos de la especie *trichoderma* (20 gramos), acompañados de 10 litros de agua y 10 onzas de melaza dos veces durante los seis meses que tardo el proceso (Marzo-Mayo).



Figura 17. Mezcla y aplicación de hongos, melaza y agua.

Fuente: Autor, 2017.

Igualmente se aplicó material con alto niveles de carbono tales como aserrín y hojas secas:



Figura 18 . Aplicación de material con altos niveles de carbono.  
Fuente: Autor, 2017.

**Tabla 9**

*Aplicación de material con altos niveles de carbono*

Material con altos niveles de carbono	Cantidad		
	Peso (kg)	Volumen (m3)	Densidad (kg/m3)
<b>Aserrín</b>	2,5	0,1	25
<b>Hojas secas</b>	3,3	0,12	27,5

Fuente: Autor, 2017.

***Rendimiento del proceso***

Finalizados seis meses desde que empezó el proceso, (principios de septiembre), donde se alcanzó la fase de maduración, se calculó el rendimiento en peso y volumen del compostaje, teniendo en cuenta el material con el cual se inició el proceso.

**Tabla 10**

*Rendimiento del proceso de compostaje*

Residuos recolectados				Material compostado		
Tipo de residuos	Peso inicial (Kg)	Volumen inicial (m <sup>3</sup> )	Densidad inicial (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso final (Kg)	Volumen final (m <sup>3</sup> )	Densidad final (Kg/m <sup>3</sup> )
<b>Residuos domésticos</b>	252	0,80	253,49	56,6	0,135	419,26
<b>Residuos adicionales</b>	5,8	0,22				
<b>Total</b>	257,8	1,02				

*Fuente:* Autor, 2017

*Porcentajes de compostaje obtenido*

- $\% COP = \left(\frac{PF}{PI}\right) \times 100$

Dónde:

%COP= Porcentaje de compostaje obtenido en peso

PF= Peso final

PI= Peso inicial

$$\% COP = \left(\frac{56,6 \text{ Kg}}{257,8 \text{ Kg}}\right) \times 100$$

$$\% COP = 21,9$$

- $\% COV = \left(\frac{VF}{VI}\right) \times 100$

Dónde:

%COV= Porcentaje de compostaje obtenido en volumen

VF= Volumen final

VI= Volumen inicial

$$\% COV = \left( \frac{0,135m^3}{1,02m^3} \right) \times 100$$

$$\% COV = 13,2$$



Figura 19. Pesaje finalizado el proceso.

Fuente: Autor, 2017.

### FASE 3

#### **Producción de plantas de *Tectona grandis***

##### ***Recolección de semillas***

Esta fase comenzó con la consecución de 320 frutos de teca en el municipio de Garzón-Huila durante el mes de agosto, donde se hallaban varios árboles de esta especie con edad aproximada de 20 años. Esta se hizo recogiendo desde el suelo los frutos ya maduros (color marrón) y despojando inmediatamente su capa externa (pericarpio).



*Figura 20.* Recolección de semillas de teca.

*Fuente:* Autor, 2017.

### ***Pre tratamiento de semillas***

Los frutos pasaron por un pre tratamiento de escarificación física el cual consistió en sumergir en agua y exponer al sol las semillas alternamente por 24 horas durante 15 días, para lograr el ablandamiento de sus capas internas (mesocarpo, endocarpo), y así favorecer la germinación de las semillas. (Monge, A.A, 2011)



*Figura 21.* Inmersión de frutos en agua.

*Fuente:* Autor, 2017



Figura 22. Frutos expuestos al sol.  
Fuente: Autor, 2017.

***Ensayo de productividad***

Cumplidos los 15 días del pre tratamiento se realizó un ensayo con 20 frutos para estimar el número de semillas totales que contenían los frutos ya que estas poseen 4 cámaras en las cuales se pueden encontrar de 1 a 4 semillas.

**Tabla 11**

*Estimación de semillas por fruto*

<b>Numero de frutos</b>	<b>Numero de semillas por fruto</b>	<b>Total de semillas por frutos</b>
4	2	8
9	1	9
6	0	0
<b>Total de semillas/20 frutos</b>		<b>17</b>

Fuente: Autor, 2017



Figura 23. Semillas de teca por fruto.

Fuente: Autor, 2017.

$$ST = NFT \times NSE / NFE$$

Dónde:

SF= semillas totales

NFT=Numero de frutos totales

NSE=Numero de semillas ensayo

NFT= Numero de frutos ensayo

$$ST = 300\text{frutos} \times 17\text{semillas}/20\text{frutos}$$

$$ST = 255 \text{ semillas}$$

De esta manera se estimó el número de semillas totales que contenían los 300 frutos escarificados restantes, el cual fue de 255 semillas.

### *Plantación de semillas*

Las semillas fueron plantadas por medio de surcos a una profundidad de 0,5 cm y una distancia de 2 y 3cm en un germinador con dimensiones de 1.5 m de largo, 1 m de ancho y 0.30 m de profundidad, el cual fue previamente fabricado con guadua y poli sombra, debido a que según (Trujillo, propagación de la teca por semilla) estas condiciones son más favorables para una mayor germinación según el tiempo, pues la profundidad optima es de máximo 0,5 cm y la densidad Promedio para la plantación corresponde a 1650 frutos/m<sup>2</sup>.

El germinador contuvo tierra y arena en proporción 1:3 previamente tamizada y desinfectada con calor (agua caliente) para evitar la incidencia de plagas o enfermedades en la germinación. (Arzubialde, 2007). Cubriendo de esta manera el 50% del área del germinador.



*Figura 24.* Fabricación de germinador  
*Fuente:* Autor, 2017.



*Figura 25. Desinfección del sustrato.  
Fuente: Autor, 2017.*



*Figura 26. Plantación de semillas.  
Fuente: Autor, 2017*

***Germinación de semillas***

Se realizaron dos riegos diarios a las 8 a.m. y a las 6 pm, y transcurridos 8 días después de la siembra, inicio la germinación con 5 plántulas, la cual fue considerada cuando los cotiledones se levantaron del sustrato. (Espitia, Cardona, Araméndiz, 2016).



Figura 27. Germinación de cotiledones.  
Fuente: Autor, 2017

Se estimaron y calcularon las siguientes variables cuando termino la germinación:

*Porcentaje de germinación (PG).*

$$PG = \left(\frac{SG}{TSS}\right) \times 100$$

Dónde:

SG = semillas germinadas

TSS= Total de semillas sembradas

$$PG = \left(\frac{75}{255}\right) \times 100$$

$$PG = 29,4 \%$$

*Índice de velocidad de germinación (IVG).*

Se utilizó la fórmula recomendada por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{P_1}{T_1} + \frac{P_2}{T_2} + \frac{P_3}{T_3} + \dots + \frac{P_n}{T_n}$$

Dónde:

P1, P2, P3..., Pn = número de plántulas normales, germinadas y completas en el primer, segundo, tercer y último conteo de la evaluación.

T1, T2, T3,..., Tn = tiempo en días para cada germinación.

$$IVG = \frac{5}{8} + \frac{35}{13} + \frac{54}{18} + \frac{64}{23} + \frac{70}{28} + \frac{75}{33}$$

$$IVG = 13,86 \text{ plantas/día}$$

*Germinación diaria media (GDM).*

$$GDM = (PG/ND)$$

Dónde: PG= Porcentaje de germinación

ND= Número de días transcurridos desde la siembra hasta el final del ensayo

$$GDM = (29,4/33)$$

$$GDM = 0,89\%$$

*Valor pico de la germinación (VP).*

$$VP = \frac{\% \text{ acumulado de germinacion}}{\text{días transcurridos}}$$

$$\frac{1,96}{8} = 0,245$$

$$\frac{13,72}{13} = 1,05$$

$$\frac{21,16}{18} = 1,75$$

$$\frac{25,08}{23} = 1,09$$

$$\frac{27,44}{28} = 0,98$$

$$\frac{29,4}{33} = 0,89$$

*Valor de germinación (VG.)*

$$VG = GDM \times VP$$

$$VG = 0,89 \times 1,75$$

$$VG = 1,55\%$$

### ***Ensayo de tratamientos***

De las 75 plántulas germinadas, se emplearon 18 plántulas, elegidas al azar, para realizar un ensayo, el cual consistió en 6 tratamientos, conformado por 3 plántulas cada uno, utilizando sustratos y cantidades distintas para realizar un análisis de variables, respecto a su productividad.



Figura 28. Ensayo con diferentes tratamientos.

*Fuente:* Autor, 2017.

Los resultados se obtuvieron por medio de un control realizado cada semana donde se midieron y se observaron las variables ahí registradas, utilizando instrumentos tales como un pie de rey, una carta de comparación de colores y una plantilla de registro. Donde la escala de la carta de colores fue de 1-6, desde verde claro (1) verde oscuro (6) y la del pie de rey fue tomada en milímetros.

**Tabla 12**

*Plantilla de registro tratamientos*

Variables	N° de planta	Suelo+Fert			Suelo 100%			Suelo+Fert+ Compost 1:1			Suelo+fert+comp ost 3:1			Suelo+compost 3:1			Suelo+compost 1:1			
Altura(mm )	1	50, 34	52, 28	55, 01	41, 89	46, 85	47, 31	47, 52	N A	N A	49, 60	51, 69	53, 04	35, 86	39, 78	41, 24	43, 37	NA	NA	
	2	58, 23	60, 53	61, 24	50, 56	53, 41	55, 60	42, 67	N A	N A	61, 27	63, 34	65, 76	45, 67	49, 48	52, 75	42, 58	NA	NA	
	3	45, 20	47, 01	51, 32	45, 24	49, 90	51, 30	43, 59	N A	N A	51, 76	54, 77	55, 98	55, 76	56, 04	59, 12	47, 32	NA	NA	
N° de hojas	1	6	6	6	4	4	4	2	N A	N A	4	4	4	4	4	4	4	4	NA	NA
	2	2	2	4	4	4	4	4	N A	N A	4	4	4	4	4	4	4	4	NA	NA
	3	4	4	4	4	4	4	4	N A	N A	4	4	4	4	4	4	4	4	NA	NA
Color	1	6	5	5	6	5	5	5	N A	N A	6	5	5	6	5	5	6	6	NA	NA
	2	6	5	5	6	5	5	5	N A	N A	6	5	5	6	5	5	6	6	NA	NA
	3	6	5	5	6	5	5	5	N A	N A	6	5	5	6	5	5	6	6	NA	NA

Fuente: Autor, 2017

Transcurridos 3 días después del trasplante, los tratamientos 3(Suelo+compost+fertilizante 1:1) y 6 (Suelo+compost 1:1), obtuvieron resultados desfavorables, ya que el porcentaje de mortalidad para la semana 1, fue del 100%, por lo tanto la medición de variables no fueron aplicadas en las siguientes tomas de datos en estos tratamientos.



Figura 29. Estado de plantas después del trasplante.

Fuente: Autor, 2017.

### ***Preparación de sustrato***

El compostaje obtenido en la fase anterior, se mezcló con tierra en una proporción 3:1 tierra: compost, y se tamizó, para ser utilizado como sustrato. Este se depositó en bolsas de polietileno con capacidad de 2.50 kg/bolsas.



Figura 30. Preparación de sustrato.

Fuente: Autor, 2017



*Figura 31.* Embolsado con sustrato.

*Fuente:* Autor, 2017

El total de bolsas llenas con el sustrato preparado fue de 57 unidades, ya que las plántulas germinadas menos las empleadas en el ensayo correspondieron a esta cantidad.

### ***Trasplante***

Embolsado el sustrato, se procedió a trasplantar, cuando las plántulas germinadas contaban con 2 a 4 hojas verdaderas y una altura promedio de 4,5 cm.



*Figura 32.* Plántulas listas para trasplantar.

*Fuente:* Autor, 2017



Figura 33. Trasplante a bolsas.

Fuente: Autor, 2017

Finalizado el trasplante, se llevó un control y registró de las variables medidas y observadas en el ensayo, hasta que las plantas lograron un tamaño óptimo para ser llevadas a campo 10-20 de altura, lo cual se obtuvo a finalizar el mes de septiembre (Arzubialde, 2007).



Figura 34. Medición y observación de variables.

Fuente: Autor, 2017

***Adecuación del sitio***

El vivero fue adecuado ya que el techo estaba descubierto, por tanto se colocó poli sombra encima de tal manera que las plantas no fueran afectadas por el sol



Figura 35. Adecuación del sitio.

Fuente: Autor, 2017

***Medición de variables***

La medición y observación de variables tales como altura, color y N° de hojas se realizó cada 15 días después del trasplante

**Tabla 13**

*Plantilla de registro control de variables*

N° de planta	Variables									Observaciones
	Altura (mm)			Color (1,2,3,4,5, 6)			N° de hojas			
1	48,28	57,45	75,56	6	5	4	3	5	7	Hojas mordidas al trasplantar
2	45,11	57,75	74,48	6	5	4	4	6	8	
3	46,74	55,41	72,34	6	5	4	4	6	8	Hojas mordidas al trasplantar
4	43,71	51,86	69,78	6	5	4	4	6	8	

<b>5</b>	46,57	54,95	75,89	6	5	4	2	4	8	
<b>6</b>	44,17	51,13	70,76	6	5	4	2	4	8	
<b>7</b>	65,20	73,69	11,31	6	5	4	4	6	8	Raíz torcida al trasplantar
<b>8</b>	51,56	62,43	9,95	6	5	4	4	6	8	
<b>9</b>	55,97	72,12	10,96	6	5	4	4	6	8	
<b>10</b>	27,97	44,52	66,24	6	5	4	4	6	8	
<b>11</b>	50,74	69,70	10,26	6	5	4	4	4	6	
<b>12</b>	31,4	45,89	69,65	6	5	4	2	4	6	
<b>13</b>	50,88	67,57	10,01	6	5	4	4	6	6	
<b>14</b>	36,59	42,44	78,98	6	5	4	2	4	6	
<b>15</b>	46,60	55,49	80,67	6	5	4	4	6	8	
<b>16</b>	39,51	42,85	77,21	6	5	4	2	4	6	
<b>17</b>	41,60	54,63	89,82	6	5	4	4	6	8	Raíz torcida al trasplantar
<b>18</b>	35,19	42,05	77,98	6	5	4	2	4	8	Raíz torcida al trasplantar
<b>19</b>	30,67	49,36	73,05	6	5	4	2	4	8	
<b>20</b>	68,51	74,90	12,23	6	5	4	4	6	8	
<b>21</b>	38,54	46,59	-	6	-	-	4	-	-	Tallo partido
<b>22</b>	46,92	54,40	85,45	6	5	4	4	4	8	
<b>23</b>	51,84	69,39	11,12	6	5	4	4	6	8	
<b>24</b>	44,33	58,19	94,98	6	5	4	4	6	8	
<b>25</b>	44,36	48,11	75,29	6	5	4	4	4	6	
<b>26</b>	44,44	50,17	87,56	6	5	4	2	4	6	Raíz torcida al trasplantar
<b>27</b>	52,02	62,30	91,34	6	5	4	4	6	8	

<b>28</b>	45,38	63,08	10,80	6	5	4	4	6	8	
<b>29</b>	45,59	59,14	91,06	6	5	4	4	6	8	Hojas mordidas al trasplantar
<b>30</b>	54,21	62,74	10,04	6	5	4	4	6	8	
<b>31</b>	59,63	68,73	10,87	6	5	4	4	6	8	
<b>32</b>	46,68	59,28	91,36	6	5	4	2	4	6	
<b>33</b>	53,87	60,57	88,87	6	5	4	4	4	8	
<b>34</b>	59,45	62,52	89,08	6	5	4	4	4	6	
<b>35</b>	45,74	56,02	82,56	6	5	4	4	4	6	Raíz torcida al trasplantar
<b>36</b>	31,64	44,89	77,89	6	5	4	2	4	6	Raíz torcida al trasplantar
<b>37</b>	21,21	40,32	61,21	6	5	4	2	4	6	
<b>38</b>	36,29	50,62	79,67	6	5	4	4	5	7	
<b>39</b>	46,52	53,46	85,23	6	5	4	2	4	6	
<b>40</b>	53,89	68,26	11,86	6	5	4	4	6	8	
<b>41</b>	43,51	57,99	89,31	6	5	4	4	6	8	
<b>42</b>	47,96	64,07	97,23	6	5	4	4	6	8	Raíz torcida al trasplantar
<b>43</b>	60,29	-	-	6	-	-	4	-	-	Hojas marchitas
<b>44</b>	46,64	64,72	10,78	6	5	4	4	6	8	Hojas mordida al trasplantar
<b>45</b>	48,86	58,72	89,02	6	5	4	4	6	6	
<b>46</b>	48,76	57,17	86,54	6	5	4	4	4	6	
<b>47</b>	49,16	55,88	81,29	6	5	4	4	4	6	
<b>48</b>	47,08	61,40	95,90	6	5	4	4	6	8	
<b>49</b>	44,04	67,44	10,76	6	5	4	2	6	8	
<b>50</b>	31,12	54,95	82,24	6	5	4	4	6	8	

<b>51</b>	35,62	54,62	83,45	6	5	4	2	6	8
<b>52</b>	45,92	57,80	89,56	6	5	4	2	6	8
<b>53</b>	43,5	52,90	79,23	6	5	4	2	4	6
<b>54</b>	45,02	58,32	90,04	6	5	4	2	4	6
<b>55</b>	36,54	49,80	74,80	6	5	4	2	4	6
<b>56</b>	31,22	45,79	79,32	6	5	4	2	4	6
<b>57</b>	36,4	50,86	82,31	6	5	4	2	4	6

*Fuente:* Autor, 2017

Las plantas trasplantadas fueron regadas todos los días a las 8 a.m. y a las 6 pm, se les aplicó 1 g/planta de fertilizante mineral cada 15 días, con el fin de mejorar las variables tenidas en cuenta, igualmente se podaron las malezas halladas a su alrededor.



*Figura 36.* Control de plantas.

*Fuente:* Autor, 2017

Las plantas alcanzaron valores entre 10-20 cm a partir de los 30 días después del trasplante.



*Figura 37.*Plantas listas para trasplantar.  
*Fuente:* Autor, 2017

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

La comunidad con la cual se desarrolló el proyecto aprendió a separar los residuos desde la fuente de generación, ya que se obtuvieron residuos libres de contaminantes y de residuos de origen inorgánico. Además la comunidad presento la mejor disposición frente a la presentación de los residuos orgánicos a las horas acordadas para la recolección.

Los recipientes de color amarillo entregados en la primera fase, los cuales estaban debidamente rotulados fueron utilizados para la adecuada separación y almacenamiento de residuos, los cuales fueron muy útiles permitiendo un adecuado almacenamiento ya que contaron con la facilidad para depositar el material dado al diámetro de 11 cm de cada recipiente, además del volumen óptimo para cumplir su función durante los días de recolección ya que la producción promedio diaria de residuos sólidos orgánicos por familia fue de 1,83 Litros, la cual fue el resultado de dividir el volumen promedio por día por el número de familias.

Debido a que las 14 familias estaban constituidas por 42 habitantes, se obtuvo una producción per cápita de 0.19 kg/hab/día de residuos sólidos orgánicos en lo que concierne a cascaras de frutas, verduras y huevos correspondiente al 20,43% respecto a la cantidad de residuos sólidos orgánicos totales de la producción per cápita de residuos sólidos orgánicos determinada según caracterización hallada en el PGIRS del municipio de Tarqui 0,93 kg/hab/día.

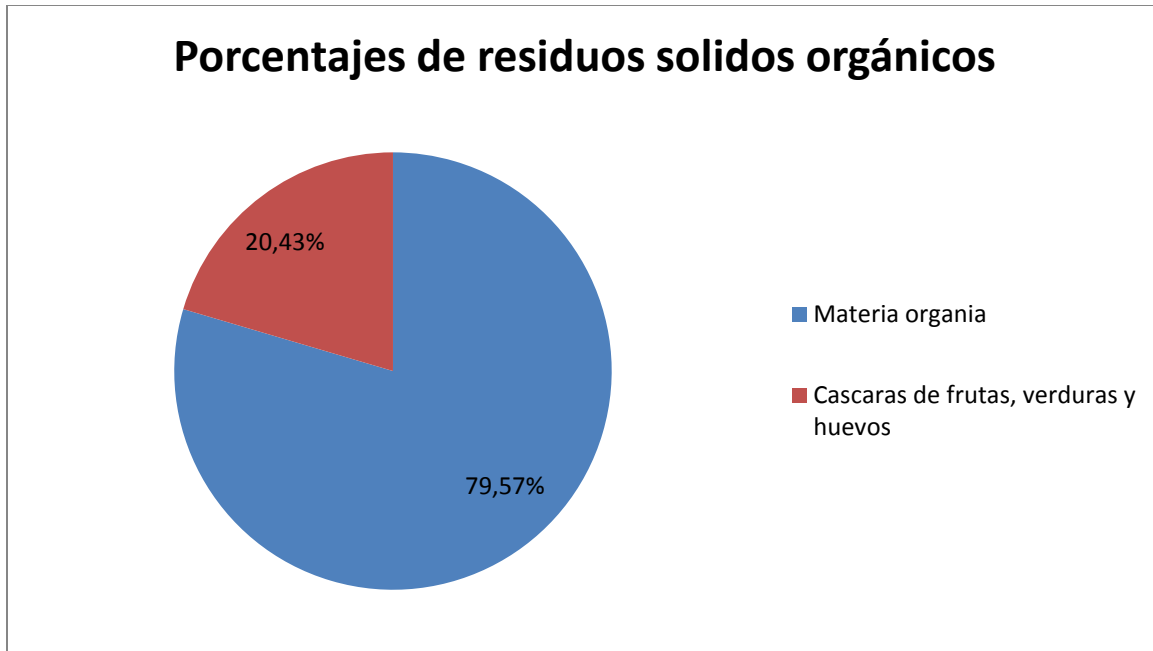


Figura 38. Porcentajes de residuos sólidos orgánicos.

Fuente: Autor, 2017.

El promedio de residuos recolectados diariamente en la cuadra del barrio san a Antonio correspondió a 8,12 kg y 0,02 m<sup>3</sup>.

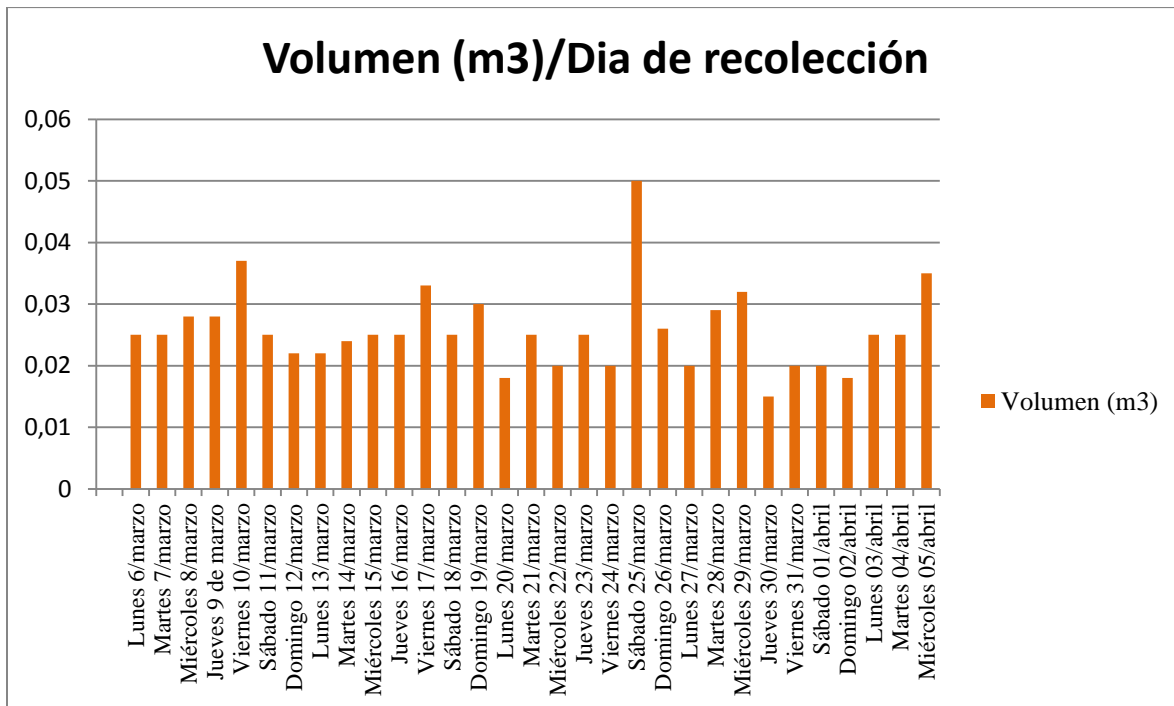


Figura 39. Volumen (m3)/Día de recolección.

Fuente: Autor, 2017.

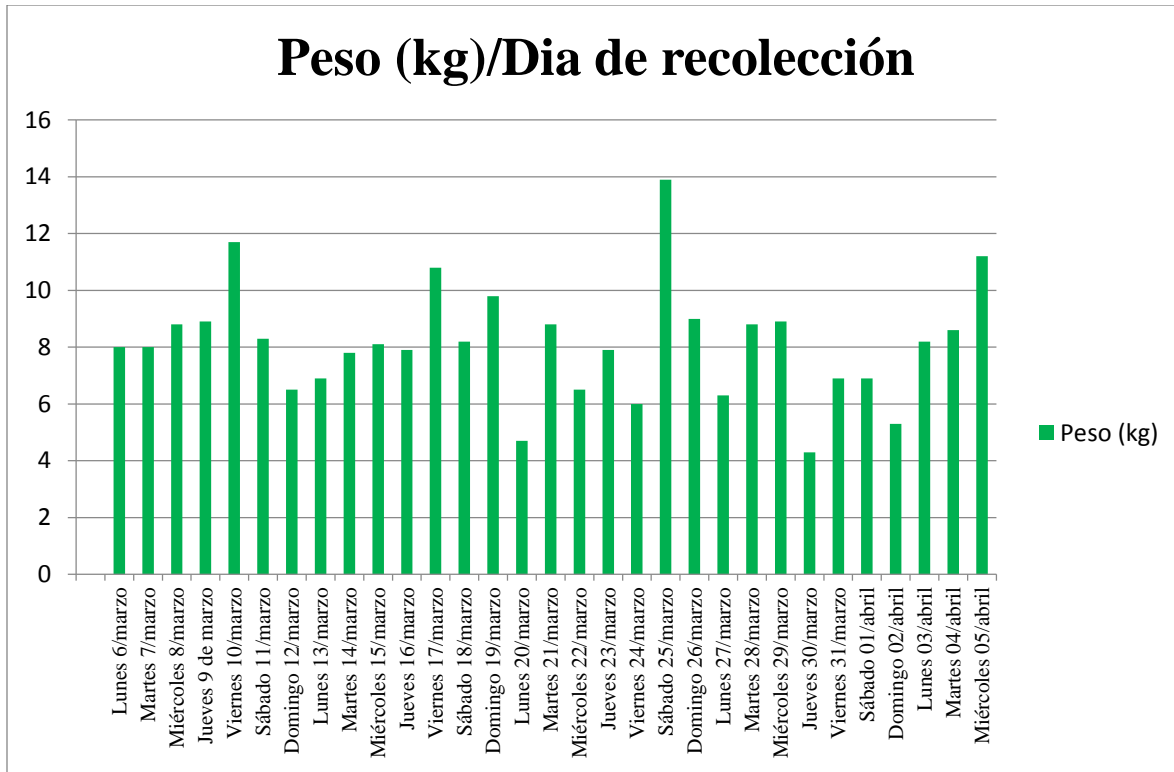


Figura 40. Peso (kg)/Día de recolección.

Fuente: Autor, 2017

La mayor cantidad de residuos recolectados en peso y en volumen fue obtenida el día sábado 25 de marzo con 13,9 kg y 0,05 m<sup>3</sup>, seguido del día viernes 10 de marzo con 11,7 kg y 0,037 m<sup>3</sup>, y las menores cantidades fueron recolectadas los días jueves 30 de marzo con 4,3 kg y 0,015 m<sup>3</sup> y lunes 20 de marzo con 4,7 kg y 0,018 m<sup>3</sup>.

Igualmente el mayor valor promedio obtenido de residuos sólidos obtenidos según el día de la semana a lo largo del mes, fue en los días sábados y viernes, lo cual pudo corresponder a que en estos días se realiza mercado en el municipio, por lo tanto hay más consumo y mayor cantidad de residuos generados.

**Tabla 14**

*Peso y volumen promedio de residuos por días*

Días	Peso promedio (kg)	Volumen promedio (m3)
------	--------------------	-----------------------

<b>Lunes</b>	6,82	0,022
<b>Martes</b>	8,4	0,025
<b>Miércoles</b>	8,7	0,028
<b>Jueves</b>	7,25	0,023
<b>Viernes</b>	8,85	0,027
<b>Sábado</b>	9,325	0,03
<b>Domingo</b>	7,67	0,024

*Fuente:* Autor, 2017

Los residuos recolectados durante el mes, redujeron la cantidad de residuos a ser dispuestos en el relleno los ángeles u otros sitios de disposición final, en un **0,69 %**, dado a que se obtuvieron 0,252 ton/mes y 0,797 m<sup>3</sup> de las 36,5 ton/mes de residuos sólidos orgánicos que son generadas en el municipio de Tarqui.

Aunque sea un valor relativamente bajo en comparación con la cantidad de residuos sólidos orgánicos generados se considera esta una gestión viable para aplicar a los 19 barrios del municipio de Tarqui ya que se invierten pocos recursos por medio del trabajo comunitario en busca de un bien común desde los ámbitos social dado a el mejoramiento de la calidad de vida, ambiental dado al aprovechamiento de residuos con alto potencial de involucrarse al ciclo productivo y económico dado a la creación de empleo verde.

Los registros obtenidos respecto al control de condiciones fisicoquímicas en el proceso de compostaje, incidieron en la aplicación de materiales y sustancias para mejorar sus condiciones y asegurar un sustrato adecuado. Por tal se analizaron las condiciones fisicoquímicas obtenidas:

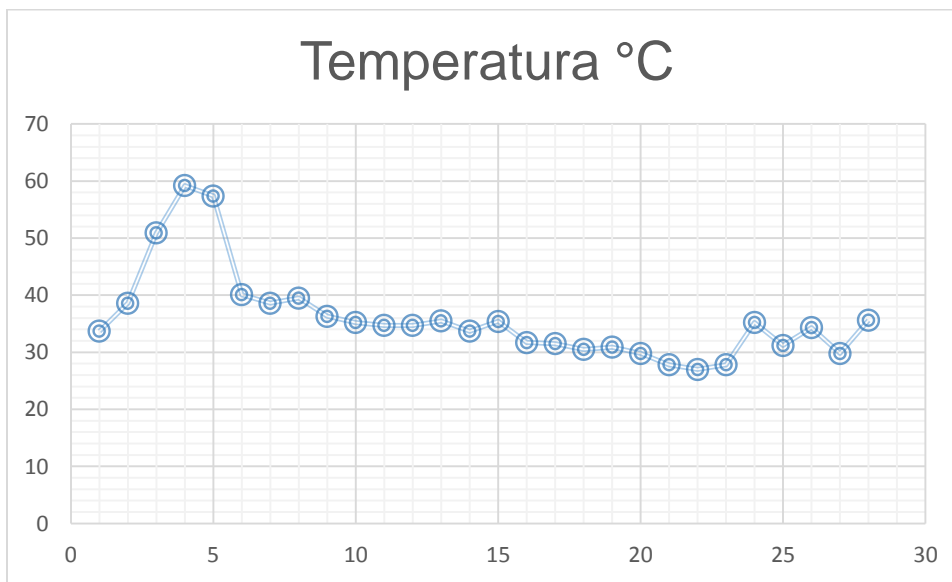
**Tabla 15**

*Fases del proceso de compostaje*

	Tiempo (semana) inicio	Tiempo (semana) finalización
<b>Fase mesofila</b>	1	2
<b>Fase termófila</b>	3	5
<b>Fase mesofila II</b>	6	10
<b>Fase maduración</b>	11	28

*Fuente:* Autor, 2017

La fase más corta fue la mesofila con una duración de 2 semanas, y la más larga, la fase de maduración con una duración de 18 semanas, para un total de 6 meses.



*Figura 41.* Grafica 3. Temperatura registrada durante el tiempo.

*Fuente:* Autor, 2017

La temperatura registrada durante las 28 semanas tuvo cambios notorios a partir de la semana 3, 4 y 5 con valores altos de 50,9., 59,2., y 57,4 °C respectivamente, los cuales fueron alcanzados en la fase Termófila, donde el mayor factor de incidencia fue la aplicación de hongos y melaza para que se acelerara la descomposición. A partir de la semana 6 la temperatura comenzó a

disminuir hasta alcanzar la temperatura ambiente en la fase de maduración en la cual se logró la descomposición total del material.

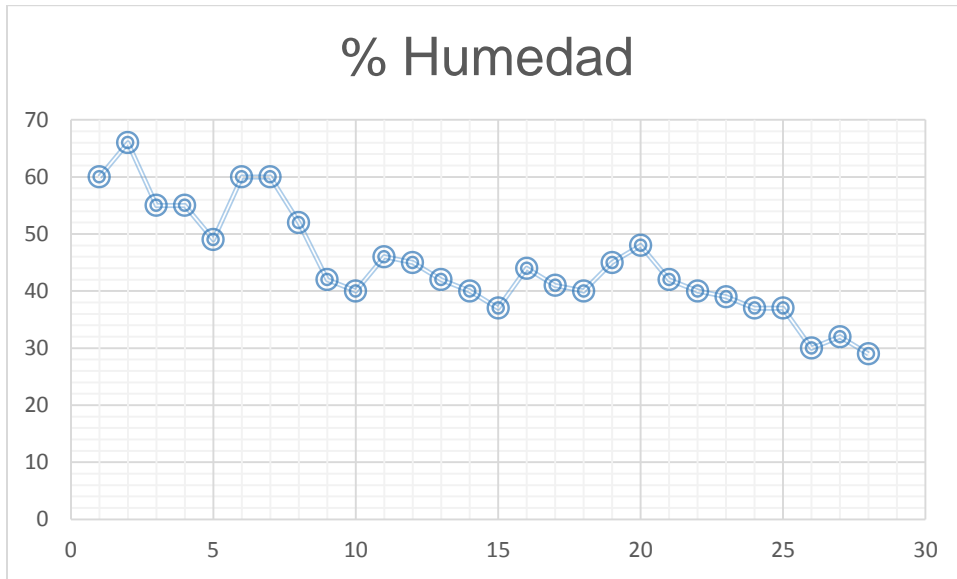


Figura 42. % de humedad registrada durante el tiempo.

Fuente: Autor, 2017

El proceso de descomposición de los 252 kg de residuos sólidos orgánicos domésticos recolectados, presento rangos de humedad relativamente altos en la fase mesofila (semana 2) y mesofila II (semana 6 y7), puesto que supero los rangos óptimos para asegurar un ambiente aerobio en algunas semanas, por medio de la saturación de los poros del material, lo que favoreció a la generación de malos olores por la presencia de compuestos como el ácido acético, ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) o metano (CH<sub>4</sub>) en exceso. (Román, Martínez, Pantoja, 2013).

**Tabla 16**

*% de humedad optima vs humedad obtenida*

Fase-Fecha	% Humedad optima	% Humedad obtenida
<b>Mesofila-Semana 2</b>	50-60	66
<b>Mesofila II-Semana 6</b>	40-50	60
<b>Mesofila II- Semana 7</b>	40-50	60

Fuente: Autor, 2017

Teniendo en cuenta estas condiciones se aplicó material seco con alto contenido en carbono como aserrín y hojas secas y se volvió el compost para regular la humedad obtenida y garantizar un ambiente aerobio durante el resto del proceso.

Dado a que en las últimas semanas del proceso la humedad descendía, por lo tanto el compost se encontraba un poco seco, se aplicó cada semana agua y melaza para evitar que el proceso de descomposición se detuviera.

El Ph que se registró en cada una de las fases fue acorde a los rangos establecidos según Román, Martínez y Pantoja (2013). Donde se presentaron Ph ligeramente ácidos, neutros y ligeramente alcalinos.

**Tabla 17**

*Ph optimo vs Ph obtenido*

<b>Fase</b>	<b>Ph optimo</b>	Ph obtenido	<b>Escala Ph</b>	Observaciones
<b>Mesofila</b>	4-6	4-5	Ligeramente ácido	Baja dado a la descomposición de compuestos solubles, como azúcares, que producen ácidos orgánicos.  (Román, Martínez y Pantoja, 2013)
<b>Termófila</b>	8-9	8-9	Ligeramente alcalino	Sube dado a que los microorganismos transforman el nitrógeno en amoníaco (Román, Martínez y Pantoja, 2013).
<b>Mesofila II</b>	7-8	7-8	Neutro- Ligeramente	Baja dado a que los organismos mesófilos reinician su actividad.

			alcalino	(Román, Martínez y Pantoja, 2013)
<b>Maduración</b>	6-8	6-7	Ligeramente ácido-neutro	Estabilización (Román, Martínez y Pantoja, 2013)

Fuente: Autor, 2017



Figura 43. Grafica 5. Escala de pH.

Fuente: Carbotecnia, 2014

El compostaje obtenido al finalizar la fase de maduración (seis meses después de iniciado el proceso) tuvo una reducción del 78,1% en peso y del 86,8% en volumen, en cuanto a los residuos sólidos orgánicos ingresados al inicio. La densidad obtenida del material tanto al inicio como al final de proceso estuvo dentro de los rangos establecidos según Román, Martínez y Pantoja (2013) la cual correspondió a 253,49Kg/m<sup>3</sup> al inicio y 419,24 kg/m<sup>3</sup> al final.

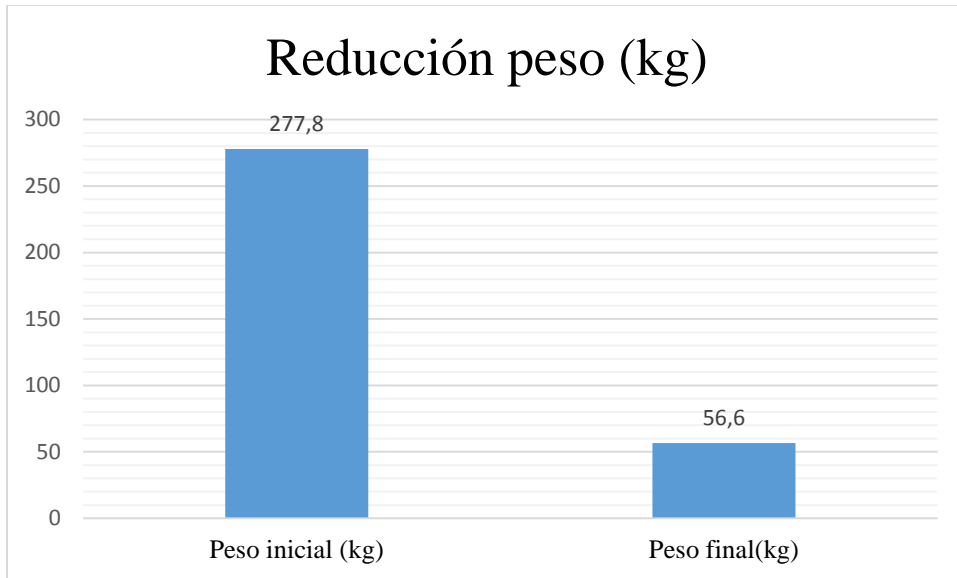


Figura 44. Reducción en peso de residuos sólidos orgánicos.  
 Fuente: Autor, 2017.

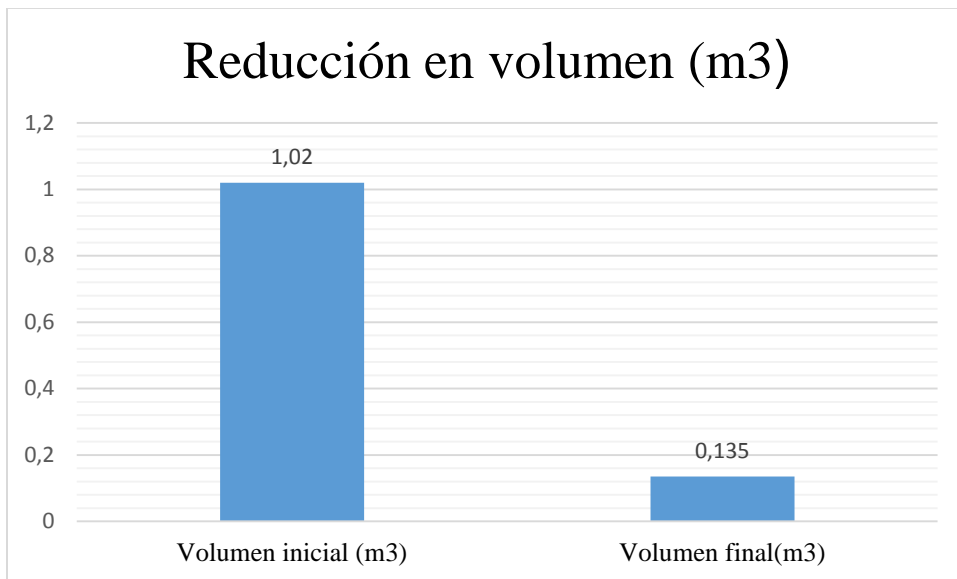


Figura 45. Reducción en volumen de residuos sólidos orgánicos.  
 Fuente: Autor, 2017

A partir de esto, se obtuvo 21,9 % (56,6 Kg) en peso y 13,2% (0,135 m<sup>3</sup>) en volumen de compostaje maduro, para ser usado como sustrato en la producción de plántulas forestales de la especie *tectona grandis*.

Los frutos recolectados, contenían en su mayoría de 1 semilla/fruto, ya que 9 frutos de los 20 ensayados, tenían de 1 semillas cada uno. Sin embargo se encontraron 6 frutos que no tenían ninguna semilla en sus cuatro cámaras, donde el factor de incidencia de esta condición pudo ser que algunos frutos estaban verdes, por lo tanto no se había desarrollado la semilla en su interior.

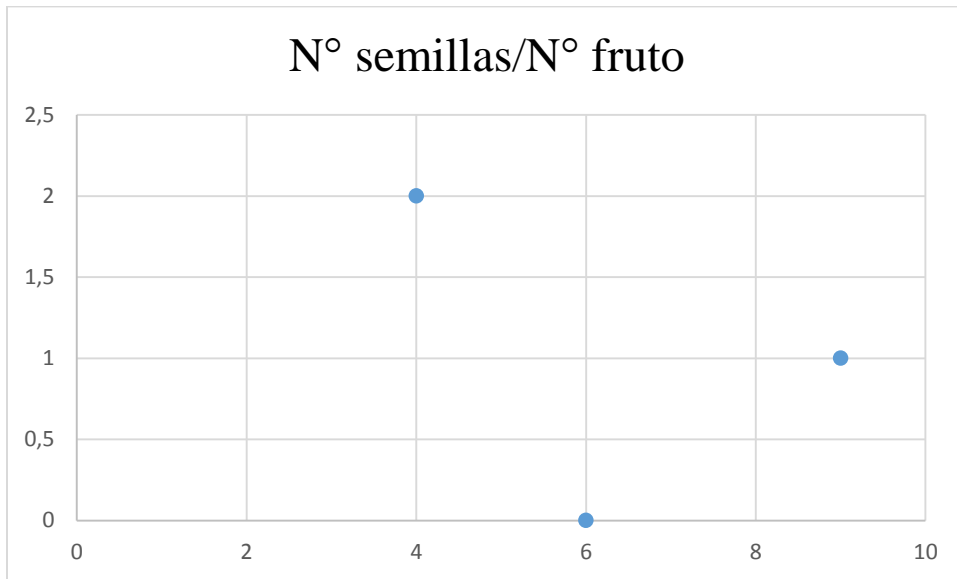


Figura 46. N° Semillas/ N° fruto.

Fuente: Autor, 2017

Las 255 semillas sembradas en el germinador, empezaron la germinación con 5 plántulas a los 8 días de la siembra y se dio por terminada a los 33 días de la siembra con 75 plántulas germinadas, por consiguiente el porcentaje de germinación fue del 29%, el cual fue bajo, ya que en otras investigaciones se ha alcanzado porcentajes de germinación hasta del 70% (Monge, 2011), por lo tanto no se pudo alcanzar la cantidad de plántulas proyectadas al inicio del proyecto las cuales correspondían a 200.

Bajo=<35%

Medio= 35%-60%

Alto= >60%

**Tabla 18**

*N° plantas germinadas/tiempo*

Tiempo (cada 5 días)	N° plantas germinadas	%
<b>8</b>	5	1,96%
<b>13</b>	30	11,8%
<b>18</b>	19	7,4%
<b>23</b>	10	3,9%
<b>28</b>	6	2,4%
<b>33</b>	5	1,96%
<b>Totales</b>	<b>75</b>	<b>29,4%</b>

Fuente: Autor, 2017

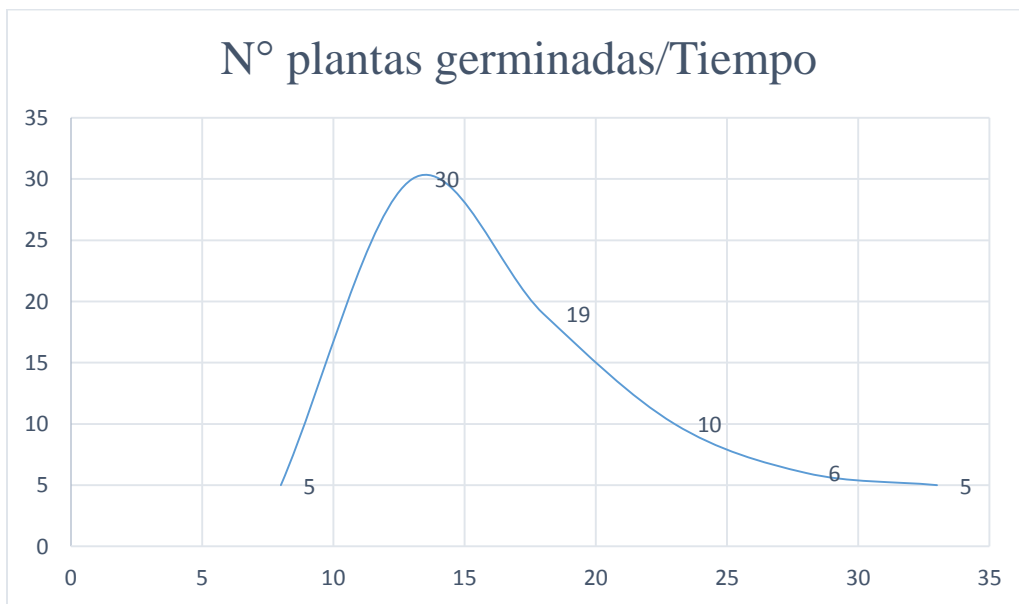


Figura 47. N° de plantas germinadas/tiempo.

Fuente: Autor, 2017

El mayor número de plantas fueron germinadas a los 13 días con 30 plántulas. La germinación empezó con 5 plántulas y finalizó con un registro de 5 plántulas en el último conteo (día 33).

Se obtuvo una velocidad en número de semillas germinadas por día de 13,86 por medio del IVG. La velocidad media de germinación fue de 0,89%, y el valor pico fue alcanzado a los 18 días con 1,75%, con esto se calculó la velocidad de germinación la cual fue de 1,55%.

El 24% de las plántulas germinadas (18 plántulas), hicieron parte del ensayo, las cuales fueron fundamentales para decidir las proporciones de sustrato óptimo para el trasplante de las 57 plántulas restantes.

En cuatro de los seis tratamientos se empleó compost en proporciones 3:1 tierra: compost y 1:1 tierra compost, para un total en masa de 11,25 kg, de tal manera que correspondió a el 19,87 % de compostaje empleado.

**Tabla 19**

*Cantidades de compost empleado en el ensayo*

Tratamiento	Masa (kg)
<b>3:1 Tierra:Compost+Fertilizante</b>	1,875
<b>3:1 Tierra: Compost</b>	1,875
<b>1:1 Tierra:Compost+Fertilizante</b>	3,75
<b>1:1 Tierra:Compost</b>	3,75
<b>Totales</b>	<b>11,25</b>

*Fuente:* Autor, 2017

Las plántulas a la hora de ser trasplantadas en los distintos sustratos, contaban con un buen estado, ya que no presentaban inconsistencias en cuanto a las variables medidas y observadas.

Las seis plantas en las cuales se empleó compostaje en proporción 1:1 tierra: compost, con y sin fertilizante mineral, presentaron los resultados más desfavorables, ya que a los 3 días después del trasplante se presentó mortalidad en cada una, determinada por sus hojas color café claro y marchitamiento.

Esto se debió principalmente a que las proporciones empleadas fueron muy elevadas las cuales contenían cantidades de nutrientes en cuanto a NPK inadmisibles por las plantas con tan corta edad.

**Tabla 20**

*Contenido de NPK en el compost*

<b>Nutriente</b>	<b>% en compost</b>
<b>Nitrógeno (N)</b>	0,3-1,5 (3g a 15 g por kg de compost)
<b>Fosforo (P)</b>	0,1-1,0 (1g a 10 g por kg de compost)
<b>Potasio (K)</b>	0,3-1,0 (3g a 10 g por kg de compost)

*Fuente:* Román, Martínez y Pantoja, 2013.

Los cuatro tratamientos restantes presentaron crecimientos favorables en los quince días por los cuales fueron medidas las variables. Donde la altura registrada desde el día del trasplante después de los 15 días se pudo evidenciar en cada planta por tratamiento aplicado, donde el más alto crecimiento se observó en los tratamientos N°1 (Suelo+fert) y 4 (Suelo+compost 3:1), con promedios de altura de 5,27 mm en ambos casos.

**Tabla 21.**

*Altura promedio registrada*

<b>N° de planta</b>	<b>Suelo+f ert</b>	<b>Suelo 100%</b>	<b>Suelo+fert+compost 3:1</b>	<b>Suelo+compost 3:1</b>
<b>1</b>	4,67	3,42	5,44	5,38

<b>2</b>	5,01	4,04	4,49	7,08
<b>3</b>	6,12	5,06	4,22	3,36
<b>Altura Promedio</b>	5,27	4,17	4,72	5,27

Fuente: Autor, 2017

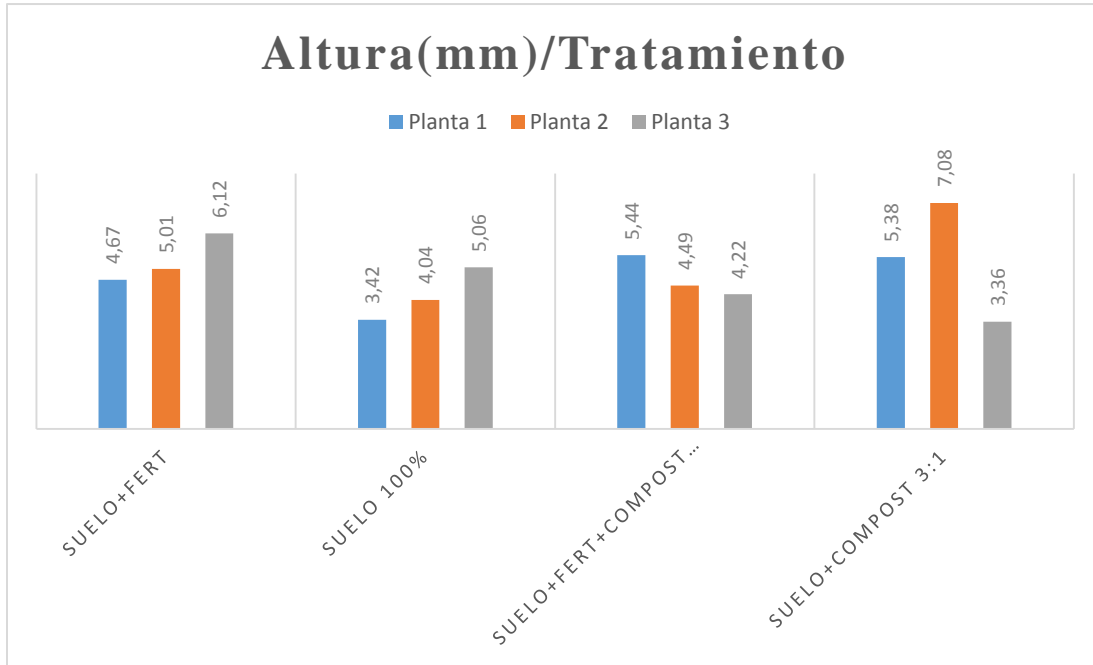


Figura 48. Grafica 10. Altura (mm)/tratamiento.

Fuente: Autor, 2017.

El número de hojas se mantuvo constante para casi todos los tratamientos (4 hojas). Igualmente el color se mantuvo en una escala de 6-5, de tal manera que no mostraron falta de nutrientes, lo cual es necesario cuando se obtengan valores a partir de 4, donde la pigmentación comienza a tornarse de verde oscuro a verde claro. (Chaudhary, R.C., Nanda, J.S., & Tran, D.V, 2003).

Las 57 plántulas restantes, fueron trasplantadas utilizando como sustrato uno de los cuatro mejores tratamientos obtenidos en el ensayo, de tal manera que se llenaron las bolsas en proporción 3:1 tierra:compost.

Dado a que cada bolsa contaba con una capacidad de 2,5 kilos, se emplearon 35,6 kg de los 56,6 kg de compostaje obtenidos, puesto que cada bolsa necesito 1,875 kg de tierra y 0,625 kg de compost, lo cual correspondió al empleo del 62,89% del compostaje obtenido

Siguiendo esta secuencia de ideas se logró un aprovechamiento total del 82,7% con 46,85 de los 56,6 kg de material compostado obtenido a partir de residuos sólidos orgánicos domésticos, por medio de la producción de plántulas forestales de la especie *tectona grandis*.

Dentro de las variables analizadas, en la primera toma de datos que fue enseguida de ser trasplantadas, se observó que las plantas 1, 2, 29, y 44 presentaban alteraciones en su hojas causadas por ciertos moluscos. En la misma medida las plantas 7, 17, 18, 26, 35, 36 y 42 presentaron concavaciones en sus raíces, por tanto a la hora de ser trasplantadas quedaron inclinadas hacia el suelo. A los 8 días después del trasplante se presentó mortalidad en las plantas 21 y 44 dado al exceso de humedad, por tanto se siguió realizando el riego una sola vez al día. En los 30 días después del trasplante no se volvió a evidenciar mortalidad ni perturbaciones en las variables tenidas en cuenta en las 55 plantas restantes.

## CONCLUSIONES

El municipio de Tarqui cuenta con un gran potencial para lograr una adecuada gestión de los residuos sólidos orgánicos en cada fuente de generación, ya que se cuenta con el trabajo comunitario que es esencial para llevar a cabo cualquier proyecto programa o actividad. La comunidad del barrio san Antonio jugo un papel fundamental en el desarrollo del proyecto dado a que sin la autorización, colaboración y compromisos de cada familia no hubiera sido posible lograr cada uno de los objetivos, debido a que los residuos generados junto con su adecuada separación fueron la base para el seguimiento del proyecto.

Por medio de este proyecto aplicado, se logró conocer la contribución de los residuos sólidos orgánicos domésticos recolectados en la producción de plántulas forestales de la especie *tectona grandis*, de tal manera que se aprovechamiento el 82,7 % como compostaje que sirvió como sustrato, en proporción 3:1 tierra: compost, el cual apporto los nutrientes necesarios, que garantizaron las condiciones adecuadas para la producción de esta especie.

El aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos no solo apporto a la producción de plántulas forestales de la especie *tentona grandis*, si no que apporto en cierta medida al mejoramiento de aspectos socio ambientales relacionados con la falta de separación en la fuente, ausencia de aprovechamiento y disposición final a cielo abierto, en fuentes hídricas, en rellenos sanitarios o por incineración, pues soluciono en un 0,69% la problemática referente a la inadecuada gestión de los residuos sólidos en el municipio de Tarqui, dado a que la producción total de residuos orgánicos según el PGIRS del municipio de Tarqui abarca las 36,5 ton/ mes, de tal manera que por medio del proyecto se realizó una adecuada gestión de residuos con la separación en la fuente recolección y aprovechamiento de 0,252 ton/mes de residuos orgánicos

tales como cascara de frutas, verduras y huevos. Además de aportes económicos, ya que al otorgar un valor a estos residuos, por medio de compostaje, todos los involucrados obtienen ganancias, dado a que se genera empleo, se reducen los costos de transporte de residuos a sitios de disposición final, y por ende se reducen las tarifas de aseo establecidas a la población.

El proceso de descomposición de la materia orgánica por medio de un proceso óptimo para asegurar condiciones fisicoquímicas establecidas, permitió obtener un compost maduro, el cual se redujo en un 78,1% en peso y en un 86,2 en volumen, comparado con la cantidad de residuos con las cuales se inicio el proceso 257,8 kg y 1.02 m<sup>3</sup>. De tal manera que esta reducción fue bastante satisfactoria, ya que se pudo determinar que los residuos sólidos orgánicos al ser involucrados a un nuevo proceso productivo reducen notoriamente sus cantidades en masa y volumen, lo cual mejora aspectos en donde las grandes cantidades de residuos son mal dispuestos, generando molestias a la población, mal aspecto al entorno y ocupación de zonas con altas capacidades de productividad como lo son los rellenos sanitarios en los cuales se depositan residuos con altos potenciales de ser aprovechados.

Las 200 plántulas proyectadas, no fueron obtenidas, ya que se obtuvo un bajo porcentaje de germinación; 29,4% correspondientes a 75 plántulas, de las cuales el 24% (18 plántulas) fueron empleadas en el ensayo, siendo elementales para decidir la proporción de compostaje a aplicar a el 76% (57 plántulas) restantes, las cuales presentaron un crecimiento, color, y numero de hojas óptimos según el tiempo en el cual se medían y observaban (30 días).

A nivel local este proyecto beneficio en una mínima instancia ya que se garantizó más espacio en la celda de disposición final del relleno sanitario los ángeles. Igualmente fue una base para construir un futuro en el cual se trabaje de mano con la comunidad y con el medio ambiente, ya que se utilizaron técnicas poco convencionales, donde se hizo uso racional de los recursos

naturales, y se aportó a la creación de servicios ambientales con el fin de poder brindar un ambiente sano para las próximas generaciones.

## RECOMENDACIONES

Es importante tener un valor promedio de residuos esperados ya sea por medio de los PGIRS o por medio de caracterizaciones a pequeña escala, puesto que estos determinan los posibles resultados y orientan mejor nuestros proyectos.

Las comunidades delimitan el punto hasta donde podemos llegar con nuestros proyectos o investigación, de tal forma que se debe explicar y fundamentar el porqué de nuestros trabajos y los beneficios desde diferentes puntos, de tal manera que se pueda contar con la autorización y colaboración pertinente.

Se debe ser recursivo en cuanto a los recursos que implica el desarrollo de proyectos e investigaciones, dado a que existe gran variedad de elementos que pueden reemplazar los habitualmente usados, así que se reduzcan los gastos e incremente la importancia de estos.

Los ensayos realizados antes y durante los proyectos, son pautas fundamentales para garantizar la veracidad de los resultados, y así mismo poder justificar el porqué de las fases desarrolladas.

A pesar de que la producción de *tectona grandis* no fue la establecida al inicio del proyecto, se obtuvo un aprovechamiento de compost alto ya que restaron 9.75 kg de los 56.6 kg obtenidos, lo cual es importante para la elaboración de otros trabajos que busquen el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en cualquier lugar de origen por medio de labores agropecuarias, agroforestales, industriales entre otras.

La ejecución de este tipo de proyectos, se podrían implementar en la mayoría de los municipios del departamento del Huila, con el fin de reducir las cantidades de residuos en peso y en volumen a ser dispuestos en el relleno sanitario los ángeles, ya que en este sitio son dispuesto

residuos que pueden ser aprovechados, dado a que en varios municipios no se realiza separación en la fuente, siendo almacenados en un solo recipiente.

Los estudiantes en formación superior deberían enfocarse en aplicar sus habilidades y competencias en la creación de nuevo conocimiento o en la aplicación de técnicas poco novedosas, con el fin de contribuir desde el pregrado, a la solución de problemáticas mundiales, las cuales serán de su incumbencia cuando se enfrenten al mundo como futuros profesionales. Esto por medio de proyectos aplicados como opción de grado, lo cual aporta significativamente a la creación y aplicación de conocimientos adquiridos a los largo de nuestras carreras.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Acevedo, N.J. (2015). *Indicadores de calidad del suelo en el Cultivo de la Teca (Tectona grandisLinn, F) en la región de San Onofre, Sucre*. Recuperado el 29 de agosto de 2017 de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/50878/1/88157775.2015.pdf>
- Alvarado, A. (2006). Nutrición y fertilización de la teca. Recuperado el 27 de enero de 2017 de: [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/31A0615834C27F92852579A3006D8237/\\$FILE/Nutrici%C3%B3n%20y%20Fertilizaci%C3%B3n%20de%20la%20Teca.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/31A0615834C27F92852579A3006D8237/$FILE/Nutrici%C3%B3n%20y%20Fertilizaci%C3%B3n%20de%20la%20Teca.pdf)
- Amigos de la tierra. (2011). Manual de compostaje. Madrid. Recuperado el 20 de enero de 2017 de: [http://www.mapama.gob.es/ca/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/Manual\\_de\\_compostaje\\_2011\\_PAGINAS\\_1-24\\_tcm8-181450.pdf](http://www.mapama.gob.es/ca/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/Manual_de_compostaje_2011_PAGINAS_1-24_tcm8-181450.pdf)
- Arzubialde, J. (2007). La plantación de teca y caoba. Recuperado el 20 de enero de 2017 de: [https://issuu.com/cusarzubialde/docs/manual\\_de\\_teca\\_y\\_caoba](https://issuu.com/cusarzubialde/docs/manual_de_teca_y_caoba)
- Banco mundial. (2012). Las ciudades van a enfrentar un marcado aumento de los costos del tratamiento de basuras. Recuperado el 14 de septiembre de 2017 de: <http://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2012/06/06/cities-to-face-sharply-rising-costs-for-garbage-treatment>
- Campos, E., Palatsi, J. (2004). Guía de los tratamientos de las deyecciones ganaderas. Recuperado el 10 de febrero de 2017 de: [http://www20.gencat.cat/docs/arc/Home/Ambits%20dactuacio/Quin%20residu/Excedents%20de%20dejeccions%20ramaderes/Guia%20de%20tractaments%20de%20les%20dejeccions%20ramaderes/guia\\_dejeccions\\_es.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/arc/Home/Ambits%20dactuacio/Quin%20residu/Excedents%20de%20dejeccions%20ramaderes/Guia%20de%20tractaments%20de%20les%20dejeccions%20ramaderes/guia_dejeccions_es.pdf)
- Carbotecnia. (2014). *pH del agua*. Recuperado el 20 de septiembre de 2017 de: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-el-ph-del-agua/>
- Chaudhary, R.C., Nanda, J.S., y Tran, D.V. (2003). *Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz*. Recuperado el 20 de septiembre de 2017 de: <http://www.fao.org/docrep/006/y2778s/y2778s05.htm>
- Chaves, E., Fonseca, W. (1991). *Tectona grandis L.f. Especie de árbol de uso múltiple en América central. Costa rica*. Recuperado el 25 de enero de 2017 de: <https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=aHMOAQAAIAAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=tratamientos+pregerminativos+de+teca&ots=ZMpfD4NTQn&sig=27VA7aZkLCLcPwtIaqbkbeLkEPM#v=onepage&q=tratamientos%20pregerminativos%20de%20teca&f=false>
- Claros, N. (2015). Plan de gestión integral de residuos sólidos. PGIRS. [Archivo PDF]. (Tarqui). CNUMAD. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Recuperado el 25 de enero de 2017 de: <http://www.un.org/spanish/conferences/wssd/unced.html>
- El presidente de la república de Colombia (20 de diciembre de 2013) Artículo 91 [Titulo III]. Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo. [Decreto 2981 de 2013]. DO: 49010. Recuperado el 10 de enero de 2017 de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=56035>

- El presidente de la república de Colombia (18 de diciembre de 1974) Artículo 201 [Titulo II]. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. [Decreto 2811 de 1974]. DO: 34243. Recuperado el 10 de enero de 2017 de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=1551>
- Espitia, M., Cardona, C., Araméndiz, H. (2016). Prueba de germinación de semillas de forestales nativos de córdoba, Colombia, en laboratorio y casa-malla. *Scielo*. 19(02), 307-315. Recuperado el 20 de septiembre de 2017 de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262016000200007&script=sci\\_abstract&tIng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262016000200007&script=sci_abstract&tIng=es)
- Gómez, M. (2009). Ecosistemas. Recuperado el 10 de enero de 2017 de: <http://ponce.inter.edu/html/cammc/ciencias/Ecosistemas-Gomez.pdf>
- ICONTEC. (2009). *Norma Técnica Colombiana GTC-24*. Recuperado el 20 de septiembre de 2017 de: <http://www.bogotaturismo.gov.co/sites/intranet.bogotaturismo.gov.co/files/GTC%2024%20DE%202009.pdf>
- Julca, O.A, Meneses, F.L, Blas-R.S, Bello, A.S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. IDESA (Chile) Vol. 24 N° 1; 49-61. Recuperado el 15 de septiembre de 2017 de: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292006000100009](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009)
- Ministerio de medio ambiente. (1997). Política Nacional de producción más limpia. Santa fe de Bogotá. Recuperado el 20 de enero de 2017 de: [http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Políticas/polit\\_produccion\\_mas\\_limpia.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Políticas/polit_produccion_mas_limpia.pdf)
- Ministerio del medio ambiente. (Julio de 1998). Política para la gestión integral de residuos sólidos. Recuperado el 10 de febrero de 2017 de: [http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Polit%C3%ACcas\\_de\\_la\\_Direcci%C3%B3n/Pol%C3%ADtica\\_para\\_la\\_gesti%C3%B3n\\_integral\\_de\\_1.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Polit%C3%ACcas_de_la_Direcci%C3%B3n/Pol%C3%ADtica_para_la_gesti%C3%B3n_integral_de_1.pdf)
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (31 de octubre de 1994) Resoluciones que determinan las especies forestales beneficiarias del cif. [Resolución 711 de 1994]. Recuperado el 10 de febrero de 2017 de: <https://vuf.minagricultura.gov.co/Documents/1.%20Normatividad%20CIF/2.%20Especies%20Forestales%20Comerciales/1.%20Resoluci%C3%B3n%20711%20de%201994.pdf>
- Ministerio de la presidencia (10 de julio de 2013). Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. [Decreto 506 de 2013]. DO: 51119. Recuperado el 10 de enero de 2017 de: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/07/10/pdfs/BOE-A-2013-7540.pdf>
- Monge, A.A (2011). *Tratamientos de temperatura y humedad para incrementar el porcentaje de germinación en semilla de teca tectona grandis Linn f.* (Tesis de pregrado). Universidad de Costa rica, San José, Costa rica. Recuperado el 20 de septiembre de 2017 de: <http://www.cigras.ucr.ac.cr/phocadownload/Semillas/Tesis%20documento%20final%20Andres%20Monge%20Vargas.pdf>
- Municipio de Tarqui (2013). Reformulación esquema de ordenamiento territorial. [Archivo PDF].
- Ramos, A.D. Elein, T.A. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Scielo*. Vol.35 (4), p. 53. Recuperado el 29 de agosto de 2017 de: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n4/ctr07414.pdf>

- Rodríguez, L.A. (2002). Hacia la gestión ambiental de residuos sólidos en las metrópolis de América Latina. Scielo. Vol. 12 (20), pp.1-19. Recuperado el 29 de agosto de 2017 de: <http://www.scielo.org.co/pdf/inno/v12n20/v12n20a08.pdf>
- Román, P, Martínez, M.M, Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor experiencias en américa latina. Santiago de Chile. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 16 de enero de 2017 de: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Sancllemente, O.E., García, M, Valencia, L.F. (2011). Efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes sobre la tasa de descomposición de la hoja de caña (Saccharum officinarum). Recuperado el 12 de septiembre de 2017 de: <file:///C:/Users/PLANEACION1/Downloads/DialnetEfectoDelUsoDeMelazaYMicroorganismosEficientesSobr-3903435.pdf>
- Suarez, C.I. (2000). Problemática y gestión de residuos sólidos peligrosos en Colombia. Recuperado el 14 de septiembre de 2017 de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/26556/1/24163-84595-1-PB.pdf>
- Suarez, P.H, Navarro, A. (2013). Reformulación plan de gestión integral de residuos sólidos 2013 Neiva – Huila. Recuperado el 14 de septiembre de 2017 de: [http://www.ciudadlimpianeiva.com.co/site/images/PGIRS/PGRIS\\_APROBADO\\_2013.pdf](http://www.ciudadlimpianeiva.com.co/site/images/PGIRS/PGRIS_APROBADO_2013.pdf)
- Trujillo, E. *Propagación de teca por semilla*. El semillero EU. Recuperado el 20 de septiembre de 2017 de: <http://www.elsemillero.net/pdf/Semillas/13.%20PRESENTACION%20PROPAGACION%20DE%20LA%20TECA%20POR%20SEMILLA1.pdf>
- Ugalde, L., Gómez, M. (2006). Perspectivas económicas y ambientales de las plantaciones de teca bajo manejo sostenible, en Panamá. Recuperado el 20 de enero de 2017 de: <https://books.google.com.co/books?id=KtMOAQAAIAAJ&pg=PA56&lpg=PA56&dq=importancia+ambiental+de+las+plantaciones+de+teca&source=bl&ots=uM9gj2KFwG&sig=UajLukO608uL0hmG50Wy1wyNQog&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj6kr60jdLRAhVQziYKHZbVBgYQ6AEINTAE#v=onepage&q=importancia%20ambiental%20de%20las%20plantaciones%20de%20teca&f=false>
- Vinueza, M. (2012). Ficha Técnica N° 1: TECA. Ecuador Forestal. Recuperado el 16 de enero de 2017 de: <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-1-teca/>
- Zaragoza, (2009). El cultivo de la teca. Noticias sephu. Recuperado el 16 de enero de 2017 de: [https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/81972/031---16.09.09---Cultivo-de-Teca.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/81972/031---16.09.09---Cultivo-de-Teca.pdf)