

Higienización de residuo biológico (conchas de caracoles *Melanoides tuberculata* y *Lymnaea columella*) presente en la Planta de Abastecimiento de agua Potable del corregimiento El Vínculo Municipio de Buga (Valle del Cauca)

**Fenibal Galindo Hurtado
Vivian Andrea Bolaños Colorado**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD-
Escuela Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente
Palmira Valle de Cauca, Colombia**

2017

Higienización de residuo biológico (conchas de caracoles *Melanoides tuberculata* y *Lymnaea columella*) presente en la Planta de Abastecimiento de agua Potable del corregimiento El Vínculo Municipio de Buga (Valle del Cauca)

**Fenibal Galindo Hurtado
Vivian Andrea Bolaños Colorado**

**Tesis para optar a título de
Ingeniero Ambiental**

**Director:
Oscar Eduardo Sanclemente Reyes. PhD.**

**Línea de Investigación:
Gestión Ambiental y Sustentabilidad**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia –UNAD-
Escuela Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente
Palmira Valle de Cauca, Colombia
2017**

Dedicatoria

Primero que todo, al ser más poderoso Dios, que nos ha fortalecido en aquellos momentos donde hemos estado a punto de caer y que hoy tenemos la oportunidad de culminar con esta etapa de nuestras vidas.

De igual manera, a nuestros padres y hermanos, que de una u otra forma nos colaboraron con la realización de este proyecto.

Agradecimientos

Desde el fondo de nuestros corazones, muchas pero muchas gracias a nuestro tutor, Dr. Oscar Eduardo Sanclemente, por su paciencia, tiempo, confianza, orientación, sabiduría y guía a lo largo de este proceso.

A los funcionarios de la PTAP el Vínculo, por la disponibilidad de tiempo, de apoyo y de muchas herramientas necesarias para la consecución de esta investigación.

Y a cada una de nuestros amigos y consultores que nos aportaron un granito de arena para la realización de este trabajo.

¡Mil gracias!

RESUMEN

La obtención de abonos orgánicos a partir del compostaje se puede orientar con la elección de materias primas de características adecuadas. El presente estudio se desarrolló en el Municipio de El Cerrito Valle del Cauca durante los meses de Diciembre 2016 a Junio 2017, coordenadas Long -76.316880° Lat. 3.685268°, implementando un diseño completamente al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones, con el objetivo de higienizar residuos de conchas de caracol *Melanoides tuberculata* y *Lymnaea columella* presente en la PTAP Corregimiento el Vínculo. Estableciendo 12 pilas de 80 x 80 cm usando los siguientes materiales: Sustrato orgánico, Conchas de caracoles molidas, Hojas de caña (*Saccharum Officinarum L.*), Inoculo de Microorganismos eficientes (*Lactobacillus sp*) y Melaza, con la variante de aporte de N, Hojas leguminosas (*Leucaena Leucocephala*) para el T1, Gallinaza en el T2 y Cachaza en el T3. Pasados 112 días se evaluó las variables Temperatura, pH y Porcentaje de Humedad, mediante análisis de varianza (ANDEVA) y en los casos donde se registraron diferencias significativas ($p < 0,05$) se empleó prueba de promedios de Duncan, utilizando el software estadístico SAS versión 9.2. Los resultados arrojaron que la fase termofílica se logró entre las semanas 3 y 5, siendo el pico más alto la semana 4. Durante estos quince días, el incremento de la temperatura fue hasta 57°C en T2, lo que coincidió con el aumento del Porcentaje de Humedad y la acidez del pH, logrando así higienizar gran parte de los microorganismos potencialmente patógenos asociados a las conchas de caracol.

Palabras claves: Cachaza, Compostaje, Gallinaza, Hojas leguminosas (*Leucaena Leucocephala*), Parámetros y Residuos de concha de caracol *M. tuberculata* y *L. columella*.

ABSTRACT

The obtention of organic fertilizers from compost can be oriented with the selection of raw materials with the proper characteristics. The present study has been developed in the community of El Cerrito Valle del Cauca since December 2016 until June 2017, coordinates Long -76.316880° Lat. 3.685268°, implementing a design completely random with three treatments and four repetitions, which objective is sanitize wastes from snail shells *Melanooides tuberculata* y *Lymnaea columella* present in the PTAP corregimiento the Vínculo. Establishing 12 stacks 80 x 80 cm using the following materials: Organic substrate, ground Snail shells Cane leaves (*Saccharum Officinarum L.*), Inoculum of microorganism's efficientes (*Lactobacillus sp*) and Molasses, with the alternative of contributions of N, Leguminous leaves (*Leucaena Leucocephala*) for the T1, Chicken coop for the T2 and Cachaça in the T3. After 112 days the temperature variables were evaluated, pH percentage of humidity, through variance analysis (ANDEVA) and in the cases where significant differences were found ($P < 0, 05$) Duncan's test was used, using the statistical software SAS 9.2 version. The results showed that the thermophilic phase was achieved between the weeks three and five, being the fourth week the highest peak. During those fifteen days, the increase of the temperature was until 57°C on T2, what coincided with the increase of percentage of humidity, and the acidity of pH, achieving to sanitize a huge part of the microorganisms potentially pathogenic associated with the snail's shells

Keywords: Cachaça, Compost, Chicken coop, leguminous leaves (*Leucaena Leucocephala*) Parameters and Snail shells waste *M. tuberculata* y *L. columella*.

CONTENIDO

1.INTRODUCCION	14
2.OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GENERAL	16
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
4. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO	19
4.1 Descripción Taxonómica de la especie “ <i>M. tuberculata</i> ”	19
4.2. Descripción Taxonómica de la especie “ <i>L. columella</i> ”.....	20
4.3.1 Patogenicidad <i>M. tuberculata</i>	21
4.3.2 Patogenicidad <i>L. columella</i>	21
4.3.3 Medios de contagio de Esquistosomiasis.....	22
4.4 Riesgos ambientales de la presencia de <i>M. tuberculata</i> y <i>L. columella</i> en ecosistemas dulceacuícolas.....	23
4.4.1 <i>M. tuberculata</i> como Bioindicador de Calidad de Agua.....	23
4.4.2 Riegos Ambientales de <i>L. columella</i>	23
4.5 El compostaje como técnica de higienización	23
4.5.1 Fases del compostaje	24
4.5.2 Parámetros del proceso de compostaje	25
4.5.2.1 Oxígeno.....	25
4.5.2.2 Temperatura	26
4.5.2.3 pH (Potencial de Hidrógeno)	26
4.5.2.4 Humedad	27
4.5.2.5 Relación C: N.....	27
4.5.3.6Beneficios del compost.....	28
4.6 Materiales e insumos empleados en el proceso de compostaje en la investigación	28
4.6.1 Sustratos orgánicos	29
4.6.2 Microorganismos Eficientes EM	29
4.6.3 Leguminosas.....	30
4.6.3.4 <i>Leucaena Leucocephala</i>	30

4.6.4. Cachaza.....	30
4.6.5 Gallinaza: como aporte de nitrógeno	31
4.6.6 Melaza como activador de los microorganismos	32
4.6.7 Hojas de caña de azúcar	32
4.7 Métodos de experimentación y análisis de datos empleados.....	32
4.7.1 Diseño completamente al azar	32
4.7.2 Modelo estadístico del diseño experimental completamente al azar	33
4.7.3 Análisis de varianza para un diseño completamente al azar	33
4.8 Antecedentes de la investigación	34
4.8.1 Efecto del detergente doméstico Alquil aril Sulfonato de sodio sobre la mortalidad de tres caracoles dulceacuícolas en Perú.....	34
4.8.2 Mineralización de la gallinaza y de los restos de cosecha en el suelo. Aplicación al cultivo de la coliflor en la huerta de Valencia (España).	35
4.8.3 Optimización del manejo de residuos orgánicos por medio de la utilización de microorganismos eficientes (<i>Saccharomyces Cerevisiae</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Lactobacillus sp.</i>) En el proceso de compostaje en la Central Hidroeléctrica Chaglla (Perú).	35
4.8.4 Contribución de abonos verdes leguminosos a la Producción sostenible de caña de azúcar <i>Saccharum Officinarum (L.)</i> , en la hacienda la floresta del municipio de Bugalagrande, Valle del Cauca.	36
4.8.5 Producción de compost a base de Lechuguin (<i>Eichornia crassipes</i>) utilizando en tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos s.a. y su efecto en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca Sativa L.</i>)Ibarra (Ecuador).....	36
4.8.6 Influencia de la Inoculación de Microorganismos sobre la Temperatura en el Proceso de Compostaje.....	37
4.9 Marco Legal.....	38
5. MATERIALES Y METODOS.....	40
5.1 Localización.....	40
5.2 Diseño experimental	41
5.3 Conducción del experimento	43
Cuantificación volumétrica, aplicación del inoculo y activación de microorganismos.....	45
5.4 Evaluación de las variables de repuesta	48
5.4.1 Temperatura	48
5.4.2 Porcentaje de Humedad.....	49
5.4.3 pH.....	49

5.4.4 Análisis de los Resultados	50
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
6.1 Efecto de los tratamientos sobre la variable Temperatura	51
6.2 Efectos de los tratamientos sobre el variable pH	52
6.3 Efectos de los tratamientos sobre la variable Porcentaje de Humedad	54
6.4 Socialización resultados obtenidos con los actores sociales relacionados tanto con el proceso de potabilización y las entidades de control ambiental competentes.	55
<i>Cartografía social</i>	58
6.5 DISCUSIÓN GENERAL.....	59
7. CONCLUSIONES.....	61
8.RECOMENDACIONES	62
9.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	63
10. ANEXOS.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Individuo de <i>M. tuberculata</i> en la Planta de abastecimiento de agua del corregimiento El Vínculo, Municipio de Buga, Valle del Cauca.	19
Figura 2. Individuo de <i>L. columella</i> en la planta de abastecimiento de agua del corregimiento El Vínculo, Municipio de Buga, Valle del Cauca. A. vista dorsal y B. vista ventral.	20
Figura 3. Estructura del Análisis de varianza para un diseño experimental completamente al azar.	34
Figura 4. Localización del sitio experimental.	40
Figura 5. Establecimientos lugar del experimento. A) Adecuación de espacio y B) Diseño pilas de compostaje.	41
Figura 6. Proceso y recolección. A) Recolección concha de caracoles, B) Separación partículas de maleza, C) Transporte, D) Proceso de molienda y E) Biomasa total.	43
Figura 7. Cantidades a emplear de los residuos orgánicos. A) Sustrato Orgánico, B) Cuantificación gravimétrica Sustrato Orgánico, C) Hojas de caña de azúcar (<i>Saccharum Officinarum L.</i>), D) Cuantificación gravimétrica Hojas de caña de azúcar (<i>Saccharum Officinarum L.</i>), E) Melaza y F) Cuantificación gravimétrica de Melaza.	44
Figura 8. Cantidades de residuos orgánicos a utilizar por cada repetición. A) Hojas de Leguminosa (<i>Leucaena Leucocephala</i>), B) Gallinaza y C) Cachaza.	44
Figura 9. Fase de mezclado. A) T1-R1, B) T2-R1 y C) T3-R1.	45
Figura 10. Composición ingredientes activos “Descomplant C. E”	45
Figura 11. Aplicación de inóculo. A) Descomplant C.E., B) Cuantificación volumétrica y C) Aplicación E.M.	46
Figura 12. Aplicación de melaza a las pilas de compostaje.	47
Figura 13. Cubrimiento de pilas.	47
Figura 14. Medición temperatura T2:R3.	48
Figura 15. Medición pH T2:R1.	50
Figura 16. Fluctuación de la temperatura (°C) en los diferentes tratamientos. Las letras indican los descriptores de significancia de Duncan ($p > 0.05$).	51
Figura 17. Variación del pH con los tratamientos y el tiempo. Las letras indican los descriptores de significancia de Duncan ($p > 0.05$).	53

Figura 18. Variación del porcentaje de humedad con los tratamientos y el tiempo. Las letras indican los descriptores de significancia de Duncan ($p > 0.05$). 54

Figura 19. Momento Socialización PTAP, Corregimiento el Vínculo, Buga Valle del Cauca..... 56

Figura 20. Grafica encuestas pre. 56

Figura 21. Grafica encuestas post. 57

Figura 22. Ilustración proceso PTAP. 58

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Normatividad Colombiana sobre la calidad de agua y manejo de residuos sólidos.	38
Tabla 2. Descripción de los tratamientos empleados en el proceso del compostaje.	42

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Asistencia de socialización.....	72
Anexo 2. Encuesta pre.....	73
Anexo 3. Encuesta post.....	74
Anexo 4. Análisis de Varianza ANDEVA para las 16 semanas del compostaje. Variable Temperatura, Semana 4.....	75
Anexo 5. Prueba de promedio de DUNCAN ($P>0.05$) para la variable Temperatura, Semana 4.	75

1.INTRODUCCION

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia- UNAD a través de su modelo pedagógico PAP's solidario se enfoca en la formación integral de profesionales bajo la mirada solidaria colaborativa. Bajo este enfoque se plantea el diseño curricular de los cursos académicos, la investigación aplicada y la extensión comunitaria. El programa de Ingeniería Ambiental de la UNAD tiene dentro de su estructura la realización de proyectos aplicados a la solución de problemáticas en los temas de saneamiento básico y degradación ambiental, como modalidad de trabajo de grado de los estudiantes que se encuentran culminando su formación integral.

Bajo esta mirada del programa de Ingeniería Ambiental y atendiendo la necesidad de la planta de potabilización de agua del corregimiento El Vínculo Municipio de Buga (Valle del Cauca), sobre la aparición de los caracoles *M. tuberculata* y *L. columella* los riesgos biológicos asociados, se ha planteado el desarrollo de un proyecto aplicado a la higienización de los residuos obtenidos en los tanques de almacenamiento del proceso. El proyecto consistió en explorar a través de la experimentación diferentes tipos de compostaje, utilizando adicionalmente a los residuos biológicos (conchas de *M. tuberculata* y *L. columella*), otros insumos de fácil adquisición en la región, como Gallinaza, Cachaza, Hojarasca de leguminosa, Hojas de caña de azúcar, Melaza; con motivo de lograr una relación C: N óptima (30/1).

A partir de la mezcla de algunos de estos residuos, se planteó un diseño experimental completamente al azar, estableciendo tres tratamientos con cuatro repeticiones, para ello se adecuaría un lugar tipo galpón y en su interior 12 pilas de 80 x80 cm, en las cuales se depositaría las mezclas previamente cuantificadas, con miras de identificar el mejor tratamiento consistente en un compostaje cuya fase termófila alcanzara altas temperaturas ($\geq 60^{\circ}\text{C}$), estabilización de pH, el tamaño de partículas con alta superficie específica y alto grado de mineralización. Esto con el propósito de realizar un manejo adecuado de los residuos biológicos de *M. Tuberculata* y *L. columella* y al tiempo obtener un producto para la fertilización agrícola, logrando beneficios ambientales y sociales. Al culminar el proceso se evaluarán las variables de respuestas temperatura, pH y porcentaje de humedad, mediante análisis de varianza (ANDEVA) y en los casos donde posiblemente se registraran diferencias significativas ($P < 0,05$) se emplearían prueba de promedios de Duncan, utilizando el software estadístico SAS versión 9.2.

Posteriormente los resultados de este proyecto aplicado se socializaron con los actores sociales relacionados tanto con el proceso de potabilización y las entidades de control ambiental competentes. Para llevar a cabo este propósito se realizó una socialización comprendida en dos etapas, la primera de ellas enfocada a determinar que tanto conocerían de la problemática asociada a las conchas de caracol mediante encuestas pre y la segunda etapa, consistiría en realizar encuestas post con el propósito de estimar el impacto positivo causado por la socialización. Adicionalmente se realizó una actividad lúdica entre los asistentes que permita compartir, discutir y concertar sobre la realidad que ellos afrontan a causa de estos residuos biológicos considerados potencialmente peligrosos.

2.OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Higienizar el residuo biológico conchas de caracol (*Melanoides tuberculata* y *Lymnaea columella*) presente en la planta de abastecimiento de agua potable del corregimiento El Vínculo Municipio de Buga (Valle del Cauca) a partir del proceso de compostaje.

2.2OBJETIVOS ESPECÍFICOS

✚ Implementar tres tratamientos en el proceso de compostaje, utilizando conchas de *Melanoides tuberculata* y *Lymnaea columella* en diferentes mezclas con residuos orgánicos de fácil acceso en la región.

✚ Evaluar algunas variables físicas y químicas en el compostaje con miras de identificar el mejor tratamiento empleado para la higienización de residuo biológico conchas de caracol *Melanoides tuberculata* y *Lymnaea columella*.

✚ Socializar los resultados obtenidos con los actores sociales relacionados tanto con el proceso de potabilización y las entidades de control ambiental competentes.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la planta de abastecimiento de agua potable del Corregimiento El Vínculo, Jurisdicción del Municipio de Buga Valle, existe sobrepoblación del caracol de agua dulce (*Melanooides tuberculata* y *Lymnaea columella*). *M. tuberculata*, es originario de Malasia, presenta concha alargada en forma cónica de color pardo claro y opaco, así como cabeza en forma de lengua. Asociado a *M. Tuberculata* se encuentra el parásito *Schistosoma mansoni*, trematodo que puede ingresar vía cutánea y producir la enfermedad de esquistosomiasis, cuyos síntomas son brote en la piel e incluso en casos crónicos llegan a incidir sobre aparición de cáncer de vejiga, de aquí la presencia de *M. tuberculata* se considera de alto riesgos para la salud. Por su parte *L. columella* son caracoles anfibios, habitantes de ambientes dulceacuícolas temporarios y permanentes, presenta concha ovalada y está compuesta por 5 anfractos, es portadora del parásito causante de la *Fasciola hepática* y una vez adquirido este parásito ataca a la pared intestinal, migrando del abdomen hacia el hígado.

Sin embargo, la aparición de *M. tuberculata* y *L. columella* en la planta de abastecimiento no es casual. Se cree que a nivel trófico estas especies están asociadas al aumento de algas verdes, cuyas poblaciones se han visto incrementadas en los últimos meses. Tanto *M. tuberculata* y *L. columella* como las poblaciones de algas, generan gran cantidad de residuos biológicos, que en el primer caso se consideran de alto riesgo. De aquí la necesidad de generar acciones tendientes a higienizarlos, siendo la técnica del compostaje una de las más viables debido a que se pueden lograr incrementos considerables de la temperatura en el proceso (65- 70°C), así como cambios en el pH y humedad, factores que lograrían eliminar los microorganismos patógenos presentes.

Los residuos de conchas de *M. tuberculata* y *L. columella* presentan altos contenidos de carbono y otros minerales como el calcio y fósforo, sin embargo el contenido de nitrógeno es bajo a causa de la excreción del ácido úrico en el catabolismo de los aminoácidos característico en los gasterópodos (Hill, 2007) de aquí la necesidad de involucrar en el proceso de compostaje algunos residuos orgánicos presentes en la zona de estudio con motivo de lograr una relación C/N óptima (30/1), para obtener un producto estabilizado en poco tiempo y con buenas cualidades (textura, contenido de nutrientes, higiénico). Entre estos residuos están la gallinaza, hojarasca de leguminosa (*Leucaena leucocephala*), hoja de caña de azúcar, cachaza y melaza, que mezclados con los residuos molidos de *M. tuberculata* y *L. columella*, podrían generar un proceso biooxidativo ideal. En términos ambientales, la incorporación del compost obtenido permitiría por un lado,

reducir los riesgos en la salud provenientes de los patógenos asociados de *M. tuberculata* y *L. columella* y por el otro, se aprovecharían los nutrientes aportados por su biomasa para la nutrición vegetal.

4.MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

4.1 Descripción Taxonómica de la especie “*M. tuberculata*”

La especie *M. tuberculata* es perteneciente de la clase Gastropoda, subclase Prosobranchia, orden Neotaenioglossa, familia: Thiaridae (Müller, 1774). Sobresale de las otras poblaciones locales por su concha mediana, puntiaguda alargada girada hacia la derecha, de morfo típico con cinco vueltas, regularmente convexas, las que aumentan progresivamente en tamaño y la superficie de la concha presenta delicadas líneas en forma de hélice y nódulos a distancia normales a modo de escultura central; donde su color es café claro, el tamaño de la hélice es el doble o más que la longitud de la abertura. Puede llegar a medir de 30.0 a 36.0 mm (Castillo & Herrera, 2008). En la **Figura 1**, se ilustra la morfología de *M. tuberculata* presente en la Planta de abastecimiento de agua del corregimiento El Vínculo, Municipio de Buga, Valle del Cauca.

Figura 1. Individuo de *M. tuberculata* en la Planta de abastecimiento de agua del corregimiento El Vínculo, Municipio de Buga, Valle del Cauca.



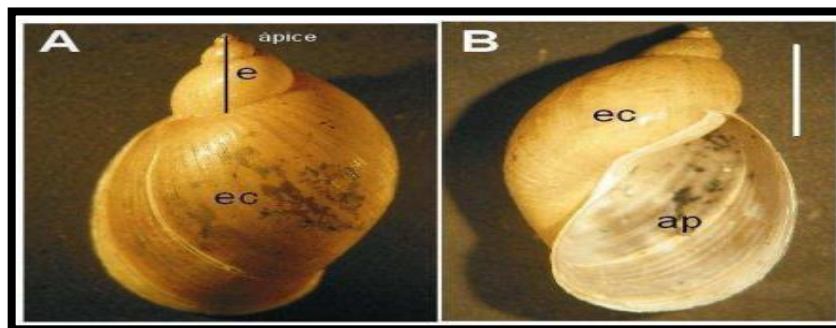
Fuente: Los autores (2016).

M. tuberculata es originaria del sur de China, de Taiwán, Filipinas e Indias Orientales. En Sudamérica se encuentra en agua de regiones tropicales, subtropicales y templadas. Tiene gran importancia ecológica debido a sus cualidades de especie invasora generando un riesgo de eliminación o desplazamiento de los moluscos nativos por su potencial biótico, y su alto índice prolífico (Pino, López e Iannaccone, 2010).

4.2. Descripción Taxonómica de la especie “*L. columella*”.

L. columella pertenece a la clase Gastropoda, subclase Pulmonata, orden Basommatophora y de la familia *Lymnaeidae*. La concha de *L. columella* es curvada y está formada por 5 anfractos. El primer anfracto, llamado espira del cuerpo, es muy abultado con una longitud 3 veces mayor que los demás anfractos. Los 4 anfractos restantes se concentran en la parte distal de la concha y forman un espiral corto que termina en un ápice afinado. La concha tiene líneas de crecimiento gruesas cruzadas por líneas espirales delgadas que le otorgan una ornamentación muy particular. La apertura es extensa y ocupa dos terceras partes de la longitud total. Tiene un movimiento poblacional anual y cíclica, predominando esta apariencia en caracoles adultos durante los meses de mayor sobrepoblación. *L. columella* ha sido introducida en ambientes acuáticos principalmente por actividades humanas, generando la invasión de moluscos dulceacuícolas en ecosistemas (Prepelitchi, 2009). En Colombia se han reportado casos de *L. columella* como huéspedes intermediarios del trematodo y por consiguiente causando problemas de salubridad pública (Salazar *et al.*, 2006).

Figura 2. Individuo de *L. columella* en la planta de abastecimiento de agua del corregimiento El vínculo, municipio de Buga, valle del cauca. **A.** vista dorsal y **B.** vista ventral.



Fuente: Prepelitchi (2009). URL: http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_4546_Prepelitchi.pdf

4.3. Riesgos en la salud de *M. tuberculata* y *L. columella*

4.3.1 Patogenicidad *M. tuberculata*

Asociado a *M. tuberculata* se encuentra el parásito *Schistosoma mansoni*, trematodo que puede ingresar vía cutánea y producir la enfermedad de esquistosomiasis, cuyos síntomas son brote en la piel e incluso en casos crónicos llega a incidir sobre aparición de cáncer de vejiga, de aquí que la presencia de *M. tuberculata* se considera de alto riesgo para la salud.

En casos crónicos se presenta regularmente la Hepatomegalia (aumento de tamaño del hígado), que se vincula generalmente a Ascitis (acumulación de líquido en la cavidad peritoneal) e Hipertensión portal (Hipertensión en los vasos sanguíneos abdominales). Junto a ello puede haber Esplenomegalia (aumento de tamaño del bazo). Los caracoles dulce acuáticos pueden transmitir patógenos que provocan enfermedades graves y la muerte. Estas enfermedades, como la Esquistosomiasis generan daños irreversibles en las personas que la contraen (Organización mundial de la salud OMS, 2016).

4.3.2 Patogenicidad *L. columella*

Según Prepelitchi (2009), la *Fasciola hepática* es un parásito que está compuesto en tres fases: la primera de ellas dentro del hospedero definitivo (juveniles, adultos y huevos), la segunda fase dentro del hospedador intermediario (esporoquistes, redias, y cercarías) y por último en el medio ambiente (huevo, miracidios, cercarías y metacercarias), este último se encuentra adherido a la vegetación o suspendidas en el agua e ingerido por hospederos definitivos como: mamíferos, herbívoros, ovinos, bovinos, caprinos, cerdos, equinos, camellos, conejos y los seres humanos. La enfermedad causada por *Fasciola hepática* en el ganado y en los seres humanos es conocida como la Fasciolosis o Distomatosis, encontrándose en la mayor parte de Europa abarcando las islas con acordes condiciones climáticas.

Behm & Sangster (1999), citado por Prepelitchi (2009) indica que la Fasciolosis se presenta en tres formas agudas, subaguda o crónica, la fase aguda presenta deceso repentino en los animales infectados con carga parasitaria muy alta, presentando síntomas de ascitis, hemorragia abdominal, ictericia, membranas empalidecidas, decaimiento y pérdida de estado. En la fase subaguda los animales infectados presentan una letargia, anemia y pérdida de peso. Finalmente, la fase crónica se determina por el desarrollo de edema ínter mandibular, ascitis, extenuación y alta cantidad de huevos del parásito en las deposiciones del hospedador.

4.3.3 Medios de contagio de Esquistosomiasis

La Esquistosomiasis es una enfermedad aguda y crónica causada por gusanos parásitos. La infección se adquiere al efectuar actividades agropecuarias, domésticas, profesionales o recreativas usuales en las que hay contacto con aguas infestadas. La incorrecta higiene y algunas actividades recreativas de los niños en edad estudiantil, incluidas la natación y la pesca en aguas contaminadas los vuelven más vulnerables (OMS, 2016).

El control de la Esquistosomiasis se centra en el tratamiento periódico del agua potable y a la población infectada con un antiparasitario de amplio espectro "prazicuantel". Esta enfermedad es prevalente en regiones tropicales y subtropicales, generalmente las comunidades que no tienen acceso a agua potable segura, ni a saneamiento adecuado, son los más propensos a ser infestados por esta enfermedad. “Se estima que al menos un 90% de las personas que necesitan tratamiento contra la esquistosomiasis vive en África” (OMS, 2016).

Existen dos formas principales de esquistosomiasis, que es intestinal y urogenital, estas son causadas por las duelas sanguíneas. Las especies de la esquistosomiasis intestinal son: *Schistosoma mansoni* y su distribución geográfica es en África, Oriente Medio, Caribe, Brasil, Suriname, Venezuela. La especie *Schistosoma japonicum*, su distribución geográfica es en China, Filipinas, Indonesia. La especie *Schistosoma mekongi*, su distribución geográfica está en varios distritos de Camboya y la República Democrática Popular Lao. La especie *Schistosoma intercalatum* y su congénere *S. guineansis*, su distribución geográfica es en Zonas de Pluvisilva de África central. Las especies de la esquistosomiasis urogenital son: *Schistosoma haematobium*, su distribución geográfica es en, África, Oriente Medio, Córcega (Francia) (OMS, 2016).

Según Peso *et al.* (2010) el caracol dulceacuícola *M. tuberculata* presenta cuatro características que lo catalogan como un excelente invasor a nivel mundial: *Partenogénesis* (forma de reproducción basada en el desarrollo de células sexuales femeninas no fecundadas), capacidad de dispersarse ampliamente a través de los cursos de agua, se adapta fácilmente a ambientes antrópicos urbanos y se reproduce exitosamente.

4.4 Riesgos ambientales de la presencia de *M. tuberculata* y *L. columella* en ecosistemas dulceacuícolas.

4.4.1 *M. tuberculata* como Bioindicador de Calidad de Agua

Un organismo es considerado un buen indicador de calidad de agua, cuando se encuentra en un ecosistema con características concretas y cuando su población no sobrepasa los límites del resto de los organismos que habitan allí. En ríos o quebradas contaminadas por actividades agrícolas, materia orgánica, aguas turbias, con poco oxígeno y eutrofizadas podemos hallar poblaciones dominantes de oligoquetos, quironómidos y ciertos moluscos. El vertimiento de las aguas contaminadas y el uso desmedido de abonos en la agricultura son fuentes principales de fósforo y nitrógeno, lo cual provoca eutrofización de los ecosistemas acuáticos; evidenciándose un crecimiento masivo de algas y plantas acuáticas (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR, 2012). Es allí cuando aparece *M. tuberculata* como bioindicador de un agua moderadamente contaminada, debido a que resiste bajo niveles de oxígeno, como también en ciertos niveles de salinidad (Lasso & Sánchez, 2011).

4.4.2 Riesgos Ambientales de *L. columella*

Se requiere de condiciones climáticas favorables para el hábitat de esta especie de caracol, como zonas con altas precipitaciones y escasa pendiente o que presenten mal drenaje, generando acumulación de agua en el suelo con una oscilación en la temperatura entre 10° y 30° C. Dentro de los riesgos que puede generar al medio ambiente, se encuentra a la fauna terrestre como el ganado bovino y ovino estas 2 especies son más vulnerables a adquirir la infección y con riesgo de morir por la enfermedad Fasciolosis (Prepelitchi 2009).

4.5 El compostaje como técnica de higienización

El compostaje se define como un proceso biooxidativo controlado, donde la mezcla de componentes que de acuerdo a sus características físico químicas permite una descomposición en condiciones aeróbica (presencia de oxígeno) y es utilizada para optimizar la estructura del suelo y proveer nutrientes, se toma como método de higienización debido a que tiene varias fases en su proceso, permitiendo la eliminación de agentes patógenos a causa del aumento de temperatura por la degradación de la materia.

El proceso de compostaje debe de presentar varias etapas que permitan su maduración y calidad del mismo; si uno de sus componentes no cumple los parámetros fisicoquímicos puede generar un compostaje en malas condiciones que ocasiona un riesgo de degradación para aplicarlos a los suelos. Según Román, Martínez & Pantoja (2013) dentro de estos riesgos se encuentra la fitotoxicidad, ya que es un material que no completa su proceso adecuadamente, donde el nitrógeno está más en forma de amonio en lugar de nitrato, el amonio en condiciones de calor y humedad se transforma en amoniaco con una inestabilidad en los compuestos químicos generando ácidos orgánicos que son muy tóxicos para las semillas y plantas. Otro riesgo, es el hambre del nitrógeno ocurre en un material que no tiene una relación C: N ideal porque contiene componentes mayores en carbono que en nitrógeno, una vez realizada su aplicación los microorganismos se alimentan de carbono, disminuye las reservas de nitrógeno en el suelo, como factores de riesgo también se menciona la reducción de oxígeno radicular, es decir cuando los microorganismos consumen las reservas de nitrógeno en el suelo.

4.5.1 Fases del compostaje

Según la temperatura generada durante el proceso de compostaje, se evidencian cuatro etapas principales: Mesófila, Termófila, Enfriamiento y Maduración. De acuerdo con Castells (2012) la fase **Mesófila** se define como el material de partida que comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días, la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana transformando compuestos fácilmente degradables y liberando ácidos orgánicos que ocasionan una disminución del pH hasta cerca de 4.0 o 4.5. Esta fase puede durar pocos días, entre dos y ocho días.

En la siguiente fase **Termófila o de Higienización** se incrementa la temperatura debido a la actividad de los microorganismos termofilicos, alcanzando temperaturas mayores de 40°C. Paralelamente, el pH se incrementa por liberación de amoniaco en las proteínas y una alteración leve en la celulosa y la lignina. Al llegar a los 60° C, los hongos se inactivan y la descomposición es realizada por actinomicetos y bacterias formadoras de esporas, las sustancias fácilmente degradables como azúcares, grasa, almidón y proteínas y la mayoría de agentes patógenos de origen humano y vegetal son destruidos, por esta razón esta etapa se conoce como fase de higienización.

El compostaje continúa con la fase de **Enfriamiento o Mesófila II**, cuando la temperatura desciende hasta los 40-45 °C. En esta fase, la degradación es realizada por hongos termofílicos que transforman la celulosa y hemicelulosa. El pH de la biomasa se mantiene alcalino y el tiempo de duración de esta etapa es de aproximadamente 2 semanas.

Finalmente, la fase **final de Maduración** consiste en fermentación lenta (puede durar de pocas semanas a varios meses). La temperatura del compost decrece lentamente al igual que la actividad de las bacterias con un pH ligeramente alcalino, se encuentran en mayor población microorganismos mesofílicos y diversos tipos de micro fauna, ocasionando competencia por nutrientes. Del mismo modo, se forman moléculas tipo antibiótico que reducen poblaciones de algunos patógenos, así como aparición de organismos antagonistas, obteniendo un producto estable con un tiempo adecuado de duración.

4.5.2 Parámetros del proceso de compostaje

Se tiene en cuenta que en el proceso de compostaje, los responsables o agentes de la transformación son seres vivos; hay factores que pueden limitar su vida y desarrollo. Estos factores incluyen el oxígeno o aireación, la temperatura, la humedad y pH.

4.5.2.1 Oxígeno

Según Rodríguez & Córdoba (2006), el compostaje es un proceso aerobio (biooxidativo) y requiere aireación constante que permita la respiración de microorganismos y la supervivencia de la microbiota, cuando falta el oxígeno se realiza una descomposición anaerobia con un proceso más lento y genera olores desagradables. Hay 3 tipos de aireación: los diferentes tamaños que generan bolsas o túneles de aire (aireación natural), volteo de pilas (aireación manual o mecánica) o encajando tuberías a la mezcla a través de la cual se puede obligar el aire (aireación forzada). La técnica de aireación natural es la diferencia entre la temperatura interior y el medio ambiente, generando una corriente de aire permitiendo la formación de micro túneles, con este método no es necesaria la manipulación del compostaje, mientras que el método de aireación forzada utiliza una fuente externa de energía.

4.5.2.2 Temperatura

Es una variable indispensable en el proceso de compostaje, se genera a partir de actividad microbiana en degradación de materia donde ocurre un desprendimiento de calor. El proceso se ve afectado con la variación de temperatura más que otras variables como la humedad, pH o C: N y de acuerdo a la evolución de temperatura podemos determinar la eficiencia y el grado de estabilización. Cada fase del proceso de compostaje tiene una especie de microorganismos con un intervalo de temperatura óptima que permite una mayor efectividad y actividad microbiana, entre los 15-40°C en los microorganismos mesófilos y 40-70°C para microorganismos termófilos. Es importante tener en cuenta que el desprendimiento de calor es proporcional al volumen de la pila pudiendo alcanzar los valores de temperatura adecuados en cada fase del proceso, igualmente debemos tener en cuenta la aireación y las condiciones ambientales (Moreno & Moral, 2008).

4.5.2.3 pH (Potencial de Hidrógeno)

Según Moreno *et al.* (2015) la variación del pH determina lo que ocurre en el proceso de compostaje, es indispensable para el crecimiento y la actividad biológica de los microorganismos. Estos presentan un rango para su óptimo desarrollo, en las bacterias el rango es entre 6 y 7,5, en los hongos hay un intervalo mayor entre 5,0 y 8,0. Igual que la temperatura los valores de pH tienen relación con la actividad microbiana, hay que evitar que el pH inicial se altere por la actividad microbiana y por las sustancias húmicas porque es difícil poder regularlo nuevamente durante el proceso.

Las variaciones de pH son las siguientes: ácido, alcalino y una estabilización en valores cercanos a la neutralidad. En la fase inicial Mesófila el pH disminuye debido a la formación de ácidos orgánicos originados por la acción de los microorganismos sobre los carbohidratos, favoreciendo el crecimiento de hongos que actúan sobre la celulosa y la lignina. En la fase Termófila el pH aumenta hasta valores de 8-9, debido a la desanimación de proteínas, mientras que el aumento elevado pH puede facilitar la pérdida del nitrógeno en forma amoniacal lo que genera la liberación de NH_4 y NH_3 (Sánchez *et al.*, 2001). En la fase de maduración el pH alcanza valores de 7-8 debido a la estabilización de los compuestos en materia y su humificación.

Para realizar la corrección del pH, se puede usar aditivos para situarlo en los valores deseados o recurriendo a mezclas entre diferentes materias primas para nivelar los valores de pH que se compensen. En este sentido, ha sido usual el empleo de cal apagada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para neutralizar materias de naturaleza ácida, o al contrario, la adición de azufre micronizado, sulfato ferroso u otros compuestos azufrados en materias primas (Moreno *et al.*, 2015).

4.5.2.4 Humedad

De acuerdo a Román, Martínez & Pantoja (2013), la humedad óptima para el compostaje es aproximadamente 55%, aunque puede variar de acuerdo del estado físico y tamaño de las partículas y del sistema empleado. Si la humedad es menor a 45% se reduce la actividad microbiana, por consiguiente a falta de tiempo no se completan todas las fases de degradación, ocasionando que el producto alcanzado sea biológicamente inestable. Cuando la humedad es demasiado alta (> 60%) el agua rebosará los poros e interceptará la oxigenación del material. El proceso en que los principales componentes sean a base de aserrín, astillas de madera, paja y hojas secas, surge la necesidad de humedecerlo constantemente, mientras que en los materiales más húmedos, como residuos de cocina, hortalizas, frutas y cortes de césped, por consiguiente el intervalo adecuado de humedad para compostaje es del 45% al 60% de agua en peso de material de base.

4.5.2.5 Relación C: N

La relación carbono: nitrógeno (C: N) expresa la unidades de carbono por unidad de nitrógeno que contiene una materia prima o la mezcla de varios materiales a compostar (Céspedes, 2004). La relación carbono nitrógeno y el contenido de humedad son dos parámetros que se necesita tener en cuenta para lograr la optimización del compost, debido a que es un proceso biológico en descomposición de la materia orgánica, el agua es un medio de transporte de sustancias solubles que sirven de nutrición a las células así como de los productos de desechos de esa reacción. De acuerdo con Kalil (2007) el carbono constituye el 50% del contenido celular microbiano además de ser fuente de energía, el nitrógeno es esencial para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos. Si hay un desbalance entre ambos, es decir se presenta mucho nitrógeno el crecimiento de los microorganismos se acelera ocasionando malos olores y si se presenta poco la población microbiana no crece o es muy lenta. Si la relación C: N es mayor de 3,5 la duración del proceso se dilata.

Cuando el carbono se convierte en anhídrido carbónico esta relación mengua durante el proceso, pero debe alcanzar un valor cerca de 10/1 al concluir la actividad.

4.5.3.6 Beneficios del compost

Según Nieto *et al.* (2002), dentro de los efectos positivos del compost en el suelo se mencionan:

- ✓ Mejora grandes cualidades del suelo como la fertilidad, la capacidad de almacenamiento de agua, la mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio.
- ✓ Conserva valores de pH recomendables para la siembra, evita cambios intensos en la temperatura, fomenta la actividad microbiana y controla la erosión.

De acuerdo con Hernández *et al.*, (2010), el compost elimina patógenos y semillas de arvenses por las altas temperaturas generadas en la actividad microbiana y degradación de residuos de plaguicidas. La aplicación del compost genera otros beneficios, como el mejoramiento en la germinación, el crecimiento y desarrollo de semillas, mengua el tiempo de floración y fructificación, el aumento en el tamaño de los frutos, una menor contagio de enfermedades de los cultivos, un actividad de micorrización beneficiada y la disminución casi total de la población parasitaria de nematodos (García & González, 2005). Los efectos mencionados permiten considerar al compost como mejorador del suelo porque la adicción de ácidos húmicos aumenta la capacidad de intercambio catiónico y mejora la capacidad de manejo de agua, aspectos esenciales para una agricultura sostenible (Soto & Muñoz, 2002). Estos investigadores, concluyen que el uso del compost es económicamente viable y genera beneficios que van desde el cuidado del suelo y su conservación, la producción de frutas y hortalizas de excelente calidad, hasta la reducción de gases del efecto invernadero.

4.6 Materiales e insumos empleados en el proceso de compostaje en la investigación

A continuación se muestran las características y contenido de cada uno de los componentes utilizados en la presente investigación, para determinar cuál es más eficiente en la generación de compostaje a base de las conchas de los caracoles (*M. tuberculata* y *L. columella*); los cuales son: Sustratos orgánicos, Microorganismos Eficientes EM (*Lactobacillus sp*), Leguminosas (*Leucaena Leucocephala*), Cachaza, Gallinaza, Melaza, y Hojas de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum L.*).

4.6.1 Sustratos orgánicos

Uno de los componentes del sustrato orgánico es la Cascarilla de arroz, esta aporta al compostaje una mejor aireación, pero tiene desventaja en la retención de agua y mojabilidad, por tal motivo es recomendable mezclarla con otros materiales como turba y aserrín que permite mejorar su retención hídrica y humedad. Este sistema es poco eficiente si se usa en estado natural, posee un pH con tendencia a la neutralidad y puede aportar capacidad de aireación y de drenaje a la mezcla. En las mezclas con cascarilla incrementan los contenidos de fósforo, potasio, calcio y magnesio, sobresaliendo que el nivel de manganeso es considerable en la cascarilla; no obstante, en las fracciones en las que se usa en las mezclas, esto no interfiere al manejo de la nutrición. El compostaje de la cascarilla antes del troceo y tamizado a 0,5 cm, requiere por lo menos de 18 meses, obteniendo un producto con pH de 5,4 a 5,7, porosidad total del 30% y mayor capacidad de retención de agua, por consiguiente surge un excelente sustrato (Martínez & Roca, 2011).

4.6.2 Microorganismos Eficientes EM

En el mundo existen gran variedad de clases de organismos que interactúan con la naturaleza permitiendo un equilibrio adecuado entre todos los reinos vivos. Sin embargo, existen bacterias que son beneficiosas dentro de cada proceso de la naturaleza; entre ellos los microorganismos. Los microorganismos son significativos dentro del ciclo de transformación de la materia y energía; son los encargados de degradar los restos de animales y vegetales, para luego ser transformados en nutrientes imprescindibles para su propio metabolismo, generan sustancias como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados, que posteriormente servirán como fuente de energía para diversas especies dentro de otros ciclos (Cajahuanca, 2016).

4.6.2.1 *Lactobacillus*

Son bacterias beneficiosas que están presentes de forma natural en el cuerpo humano y en los animales. Son los encargados de producir ácido láctico a partir de azúcares y carbohidratos de esta manera suprimen los microorganismos patógenos e incrementan la descomposición de materia orgánica (García & Macías, 2016). Por consiguiente, en la agricultura los lactobacilos logran estimular la salud de la flora y su sistema inmunitario, renuevan la población de

microorganismos beneficiosos habitantes en el suelo, mejoran la absorción de nutrientes y el aprovechamiento de los fertilizantes, previene el ataque por hongos como botritis o el oidio. En el proceso de compostaje facilita una descomposición libre de olores indeseables, es utilizado en la fermentación de materia orgánica para elaborar fertilizantes, en suelos compactados y mórbidos colabora a eliminar otras bacterias anaeróbicas perjudiciales y comenzar a reacondicionar su estructura (Soft Secrets, 2013).

4.6.3 Leguminosas

Es una planta muy abundante en nitrógeno que permite realizar la síntesis de proteínas acompañado del carbón como fuente energética, su relación es muy beneficiosa para el suelo ya que se encuentran en C: N 9-10 cumpliendo con el porcentaje de esta relación C: N 50% - 60% (Sarmiento, 2012). De acuerdo con García (2015), las leguminosas se definen como vegetales incluyendo árboles, arbustos, hierbas y enredaderas, es considerada en el mundo como la tercera familia más extensa de las plantas con flores, existen 7000 géneros y 14000 especies, de las cuales 100 especies sirven para la agricultura. Las reservas de nitrógeno estables se producen principalmente en climas templados en materia orgánica denominada humus, el nitrógeno es homogenizado por los microorganismos vivos en lenta mineralización, proceso por el cual depende más de las condiciones climáticas que de la capacidad de los microorganismos y puede demorarse mucho tiempo incluso décadas en clima tropical.

4.6.3.4 *Leucaena Leucocephala*

Dentro de los sistemas silvopastoriles del Valle del Cauca y debido al clima tropical se ha evaluado la siembra de *Leucaena Leucocephala*, como alternativa para mejorar la producción ganadera y contenido de N en los suelos (Bueno & Camargo, 2015). Es conocida como acacia forrajera, gracias al potencial forrajero por el contenido de proteína, lo que la hace de gran apetito para el ganado y para obtener altos rendimientos de materia seca (Espinoza *et al.* 2007). Hay gran variedad de *Leucaena*, predestinadas a diferentes usos, como abono verde, producción de forraje, enriquecimiento y mejoramiento de suelo (Horanato da Silva *et al.* 2017) de esta forma se pueden reducir los costos en la compra de fertilizantes.

4.6.4. Cachaza

Según Ospina (2016), es un residuo agroindustrial que se genera en la etapa de clarificación del jugo de caña de azúcar, está compuesto por las fibras de cañas de azúcar, coloides, coaguladas

incluyendo la cera, albuminoides, fosfatos de calcio y partículas de suelo. Tiene alto contenido en materia orgánica, aportando nutrientes al compostaje como calcio, fosforo, nitrógeno y celulosa, indispensable para el crecimiento de sus propios microorganismos, en el sector agropecuario es utilizada para realizar compostaje, debido a capacidad fertilizante y sus propiedades fisicoquímicas que permiten un aporte de nutrientes al suelo y a las plantas.

De acuerdo con Soliva (2009), la cachaza es un fertilizante orgánico que desempeña un efecto positivo sobre las propiedades físicas, química y biológicas del suelo, pues aumenta las cantidades de Mg, N, P, K y Ca y que a partir de la cachaza se elabora compost, si se mezcla con otros materiales como el bagazo, considerando que el efecto de abono orgánico no es inmediato en comparación de los fertilizantes químicos, ya que el compost requiere tiempo para restituir la vida en los suelos.

4.6.5 Gallinaza: como aporte de nitrógeno

La gallinaza es un residuo que surge de las excretas de aves ponedoras, en etapas de producción, que mezclados con otros materiales como plumas, residuo de alimento y huevos rotos que caen al piso y se combinan con un material absorbente, como la viruta, pasto seco, cascarillas, permaneciendo en el galpón durante todo el periodo productivo. Este tipo de gallinaza adquiere un gran porcentaje de humedad y altos niveles de nitrógeno, que se evapora rápidamente, ocasionado olores desagradables, por ende pierde calidad como fertilizante. Para darle manejo adecuado a la situación, es necesario someter la gallinaza a un proceso de secado, en el cual se deshidrata por medio de fermentación aeróbica con el objetivo de reducir la cantidad de microorganismos como bacterias, que pueden ser nocivas en altas concentraciones, generando así, nitrógeno orgánico siendo más estable y facilitando el aprovechamiento de las propiedades fertilizantes (Guaminga, 2012).

De acuerdo con García, (2013), la gallinaza aporta nutrientes al suelo, tales como nitrógeno, fosforo, potasio y carbono en considerables cantidades que al aplicarlo directamente al suelo como abono en las plantas puede quemar las hojas en lugar de enriquecer su nutrición. Después de fermentada la gallinaza se puede utilizar como abono orgánico, adicionando otros desechos como cascaras de verduras, cereales, paja, viruta de madera con el fin de enriquecer la mezcla y potencializar el efecto, de esta forma se reducen gastos en fertilizantes químicos.

4.6.6 Melaza como activador de los microorganismos

La melaza es un subproducto que proviene de la fabricación de azúcar, contiene principalmente sacarosa, glucosa y fructosa, es utilizada para la fermentación en las industrias siendo fuente de carbohidratos (Jaramillo *et al*; 2014). En el estudio realizado por Sanclemente, García & Valencia (2011), en la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira; se evaluó la tasa de descomposición de la hojarasca de caña de azúcar la cual fue mezclada con un abono orgánico tipo compost, en los cuales usaron como acelerador finito (melaza) y un acelerador infinito (Microorganismos eficientes). Los resultados obtenidos indicaron que la melaza es un acelerador de la descomposición de los residuos de hoja de caña, debido a que se evidencia una notoria influencia en la tasa descomposición inicial de dichos residuos, pero después de consumidos los carbohidratos que la conforman, la tasa de descomposición se disminuye visiblemente.

4.6.7 Hojas de caña de azúcar

Las hojas son laminas larga, delgadas y planas miden aproximadamente entre 0.9 a 1.5 m de largo y varían de 1 a 10 cm de ancho según la especie. Es allí donde se realiza el proceso fotosintético, pues el agua, dióxido de carbono y algunos nutrientes absorbidos del suelo, son transformados en carbohidratos por presencia de la luz solar. La parte inferior o vaina de la hoja se constituye en su medio de soporte, es de forma tubular y más ancha en la base y a su vez se estrecha gradualmente hacia la banda ligular. Las hojas generalmente están cubiertas con pelos y estomas lo cual permite el intercambio gaseoso con la atmósfera. La hoja de caña seca se utiliza para el compostaje debido a que almacena los nutrientes provenientes de la raíz como su capacidad de retención de nitrógeno (De la Cruz, 2015).

4.7 Métodos de experimentación y análisis de datos empleados.

4.7.1 Diseño completamente al azar.

Se ubica en los experimentos clásicos como el diseño más simple y es utilizado cuando las unidades experimentales son homogéneas o existe una variación entre ellas de menor tamaño. Un ejemplo de ello son los experimentos de laboratorio y/o invernadero, en donde se pueden controlar las condiciones ambientales. Los tratamientos se realizan aleatoriamente entre todas la unidades experimentales, teniendo en cuenta tablas de números aleatorios, por cada

repetición. Es de fácil planeación, flexibilidad en cuanto al número de repeticiones y por no tener muchas limitaciones puede aumentar el grado de libertad para el error (Segura, 2000).

4.7.2 Modelo estadístico del diseño experimental completamente al azar

De acuerdo con Segura (2010), para este tipo de diseño el modelo estadístico es:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_1 + e_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Es la j- esima repetición correspondiente al i-esimo tratamiento

μ = Es la medida general

α_1 = Es el efecto del i-esimo tratamiento

e_{ij} = Es el error aleatorio normal, independiente distribuido (NID) con media cero y varianza común ($0, \sigma^2$)

4.7.3 Análisis de varianza para un diseño completamente al azar.

Para Mellados (s.f), el diseño completamente al azar es una prueba basada en el análisis de varianza, donde la varianza se descompone en la “varianza de los tratamientos” y la “varianza del error”. El objetivo del diseño es establecer si hay diferencia entre los tratamientos, por tal razón se confronta si la “varianza del tratamiento” versus la “varianza del error” y se determina si la primera es lo adecuadamente alta según la distribución de los parámetros “F” (Fisher). Segura (2010), indica que este tipo de diseño presenta análisis de varianza, con fuentes de variación (FV): tratamiento y error experimental. Del mismo modo, (GL) grados de libertad, (SC) suma de cuadrados, (CM) cuadrados medios y (FC) F calculado, como se ilustra en la **Figura 3**.

Figura 3. Estructura del Análisis de varianza para un diseño experimental completamente al azar.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA UN DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR.				
FV	GL	SC	CM	Fc
Tratamiento	t-1	$\frac{\sum Y_i^2}{r} - FC$	$\frac{SC_{trat}}{t-1}$	$\frac{CM_{trat}}{CM_{error}}$
Error	t(r-1)	SC _{total} -SC _{trat}	$\frac{SC_{error}}{t(r-1)}$	
Total	tr-1	$\sum \sum Y_{ij}^2 - FC$		

FC= $(\sum \sum Y_{ij})^2 / rt$; t=número de tratamientos; r=número de repeticiones.

Fuente: Segura (2000). URL: <http://www.angelfire.com/ar/iagg101/docum/Diseno1.pdf>

4.8 Antecedentes de la investigación.

4.8.1 Efecto del detergente doméstico Alquil aril Sulfonato de sodio sobre la mortalidad de tres caracoles dulceacuícolas en Perú.

Con el objetivo de determinar la dosis letal media del Alquil aril Sulfonato sobre caracoles *M. tuberculata* (Thiaridae), *P. venustula* (Physidae) y *H. cumingii* (Hydrobiidae), investigadores de la Universidad Federico Villarreal (Lima- Perú) evaluaron diferentes dosis del producto sobre la mortalidad de los tres moluscos en acuarios de vidrio. Inicialmente, los moluscos se alimentaron con las algas *Cladophora glomerata* y *Chlorella vulgaris* Beij. Se registraron valores de concentración de alquil aril sulfonato de 201,07 mg L⁻¹ (*M. tuberculata*); 71,41 mg L⁻¹ (*P. venustula*) y 82,93 mg L⁻¹ (*H. cumingii*) todos para letales a 48 horas de exposición. Adicionalmente, no se registraron diferencias en las dosis comerciales recomendadas para el producto con respecto al efecto letal en los tres moluscos (Iannacone & Alvariano, 2002).

4.8.2 Mineralización de la gallinaza y de los restos de cosecha en el suelo. Aplicación al cultivo de la coliflor en la huerta de Valencia (España).

Con el objetivo de estudiar la mineralización de gallinaza en la materia orgánica del suelo durante el cultivo de coliflor y de los restos de cosecha, investigadores de la Universidad Politécnica de Valencia (Valencia-España) realizaron diversos ensayos de campo entre los años 2012 y 2014; simultáneamente desarrollaron experimentos en laboratorio a base incubaciones de muestras de suelo en condiciones controladas de temperatura y humedad; teniendo en cuenta que en la zona de estudio existe buen aporte de material orgánico al suelo causando lixiviación de nitrato. Como resultado se obtuvo que la aplicación de gallinaza al suelo aporte por cada tonelada cerca de 25 kg N, de los cuales 3 kg están directamente aprovechables por las plantas. El resto del N, que se encuentra en forma orgánica, pasa estar disponible para la planta dependiendo de las condiciones ambientales. Unos de los resultados más relevantes del estudio, se obtuvo en condiciones de incubación ya que el 23-38% de la mineralización ocurrió en los primeros 7 días. En contraste, bajo condiciones de campo, el 18-32% de N_{org} se mineralizó en dos meses, lo que equivale a 7-11 kg N por cada tonelada de gallinaza (Jaramillo, 2016).

4.8.3 Optimización del manejo de residuos orgánicos por medio de la utilización de microorganismos eficientes (*Saccharomyces Cerevisiae*, *Aspergillus sp.*, *Lactobacillus sp.*) En el proceso de compostaje en la Central Hidroeléctrica Chaglla (Perú).

Con el objetivo validar el uso de microorganismos eficientes (*Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus sp.*, *Lactobacillus sp.*) para optimizar el manejo de residuos orgánicos en los comedores de la Central Hidroeléctrica Chaglla (Huánuco-Perú), investigadores de la Universidad de Huánuco (Huánuco-Perú), realizaron cuatro tratamientos para elaborar compost, en los cuales se empleó la misma cantidad de residuos orgánicos y aserrín, alterando solo la dosis de microorganismos eficientes por cada pila. En el primer tratamiento, no se utilizaron Microorganismos Eficientes; en el segundo tratamiento se utilizaron 5 litros de (EM); en el tercer tratamiento se emplearon 10 litros de EM (5 litros en cada dos capas del compostaje) y en el cuarto tratamiento se utilizaron 20 litros EM (5 litros en cada 4 capas de las pilas de compostaje). Transcurridos 32 días el proceso se dio por terminado, encontrando que el cuarto tratamiento obtuvo mejores resultados en cuanto a producción final de compost en peso y volumen, de acuerdo con la Norma de Calidad de Compost del Instituto Nacional de Normalización de Chile (Cajahuanca, 2016).

4.8.4 Contribución de abonos verdes leguminosos a la Producción sostenible de caña de azúcar *Saccharum Officinarum* (L.), en la hacienda la floresta del municipio de Bugalagrande, Valle del Cauca.

Con el objetivo de determinar la contribución del sistema intercalado frijol Caupí (*Vigna Unguiculata* L.) - caña de azúcar (*Saccharum Officinarum* L.) a la producción sostenible del agroecosistema, investigadores de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (Palmira-Colombia) diseñaron en campo cinco bloques completos al azar con cinco repeticiones, donde el primer tratamiento consistió en la siembra de monocultivo de caña sin fertilizantes en el suelo al descubierto (control). Para el segundo tratamiento se empleó la siembra de surcos 1X1 Caupí-caña. En el tercer tratamiento surcos 2X1 Caupí-caña. Para el cuarto tratamiento siembra de surcos 1X1 Caupí-caña más cepa de *Rhizobium* sp. en el quinto tratamiento se empleó la siembra de surcos 2X1 Caupí-caña más cepa de *Rhizobium* sp. Durante el desarrollo del experimento se estimó el aporte de biomasa de Caupí, la biomasa de las malezas, la humedad del suelo, el contenido de nitratos del suelo y el desarrollo fisiológico del cultivo de caña. Se obtuvo como resultado que los Abonos Verdes generaron un aporte significativo en la retención de la humedad frente al tratamiento de control. De igual modo, disminuyó la aparición de arvenses asociados al cultivo de caña y el uso de la cepa Caupí realizó la fijación de N₂ con bacterias nativas del suelo estudiado (De la Cruz, 2015).

4.8.5 Producción de compost a base de Lechuguin (*Eichornia crassipes*) utilizando en tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos s.a. y su efecto en el cultivo de lechuga (*Lactuca Sativa* L.) Ibarra (Ecuador).

Con el objetivo producir compost a base de Lechuguin (*Eichornia crassipes*) utilizado en el tratamiento de aguas residuales en Lafarge Cementos S.A. y evaluar su efecto en el cultivo de lechuga, investigadores de la Universidad Técnica (Ibarra-Ecuador), estimaron la relación calidad agua tratada vs producción de lechuguin, determinando el contenido de nutrientes y de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) de cada tratamiento al comienzo y final del proceso de descomposición. Para la fase 1 se experimentó con tres tratamientos: T1 (Lechuguin, residuos de prácticas agrícolas, de suelo y excremento bovino seco); en el T2 (Lechuguin, residuos de

prácticas agrícolas, de suelo y de arbustos); en el T3 (Lechuguin, residuos de prácticas agrícolas, de suelo y paja de paramo).

Los resultados arrojaron que el T1 es la mejor opción, debido a alcanzar una temperatura promedio de 28,83°C, un rendimiento a la cosecha de 0,31 m³, 1,31% Ca, 0,17% P, 0,27% Mg, 0,03% K, 3,02% Na y 0,35 N. En la fase 2, se evaluaron los 5 tratamientos de tres dosis del compost alcanzado en la fase 1, adicionando un testigo químico y absoluto sin fertilización. Lo anterior arrojó la supervivencia promedio de 47,65 plantas de Lechuguin por unidad experimental. Seguidamente se evaluó los contenidos de TPH y metales pesados en las plantas; se observó que el T3 obtuvo el menor valor de concentración de metales, estando por debajo del límite permisible por la normatividad vigente (Enríquez, 2013).

4.8.6 Influencia de la Inoculación de Microorganismos sobre la Temperatura en el Proceso de Compostaje.

Con el objetivo de medir la evolución de temperatura durante el proceso de compostaje de materiales orgánicos biodegradables con distinta relación C: N con y sin inoculación de microorganismos, investigadores de la Universidad de Buenos Aires (Buenos Aires-Argentina) determinaron la metodología más adecuada para conseguir un producto final en el menor tiempo posible. Para llevar a cabo este proceso se realizó dos tratamientos con tres repeticiones, el primero de ellos consistió en inoculación de microorganismos (bacterias, hongos y bacterias + hongos), el segundo tratamiento en incorporación de compost maduro y la adición de aminoácidos como fuente de nitrógeno. Los resultados arrojaron que los tratamientos que recibieron inóculo alcanzaron temperaturas altas durante la fase termófila ($P \leq 0,05$) entre el segundo y cuarto día del proceso. La relación C: N del material inicial concertó el tiempo del compostaje siendo menor en aquellos elementos con la menor relación de C: N y en los que fueron inoculados con microorganismos y con adición de nitrógeno (Tortaloro *et. al* 2008).

4.9 Marco Legal

En la **Tabla 1**, hace referencia a la Normatividad Colombiana sobre los aspectos que establezcan o regulen el criterio de calidad de agua y el manejo de residuos sólidos, desde el Decreto 2811 de 1974 hasta el más reciente y único Decreto Ambiental 1076 de 2015, con la finalidad de aprovecharlos e incorporarlos al ciclo productivo.

Tabla 1. Normatividad Colombiana sobre la calidad de agua y manejo de residuos sólidos.

Norma	Aspecto de la norma	Artículos/Capítulos principales
Decreto 2811 de 1974	Es importante el Ambiente y considerado patrimonio común, como se destaca en el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables (CNRN) y de protección del Medio Ambiente.	Todo el documento
Ley 99 de 1993	Nace el Ministerio del Medio Ambiente, se reorganiza el Sector Público quien es el comisionado en la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se establece el Sistema Nacional Ambiental, SINA.	Artículos 1,2,3,4 y 5
Ley 373 de 1997	Es deber regional y municipal incorporar un Programa para uso eficiente y ahorro del agua, conjuntamente deben prestar los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, entre otros.	Todo el documento
Decreto 1713 de 2002	Surge el aprovechamiento mediante la Gestión Integral de Residuos sólido a través de un manejo integral, estos residuos se puedan reincorporar económicamente utilizando tratamientos químicos y físicos.	Todo el documento
Real Decreto 140 de 2003	Se establece los parámetros sanitarios del recurso agua en la calidad de consumo humano. Donde se garantice la salubridad, calidad y limpieza de las instalaciones para suministro del consumidor, protegiendo la	Todo el documento

	salud de los mismos de efectos adversos a causa de aguas contaminadas.	
Decreto 4741 de 2005	Se establece prevenir la generación de residuos peligrosos, con el objetivo de resguardar la salud en el hombre y proteger el medio ambiente.	Todo el documento
Decreto 1575 de 2007	Se instauro el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para ser consumida por el ser Humano, se debe llevar un control o monitoreo con el fin de prevenir riesgos para la salud.	Todo el documento
Decreto 2981 de 2013	La prestación de servicio de aseo público, consiste en el transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos.	Título III. Gestión integral de los Residuos Sólidos. Artículos 88, 90, 91, 92, 93 y 94.
Resolución 754 de 2014	Se acoge los pasos a seguir para la formulación, ejecución, valoración, seguimiento, control y actualización de los PGIRS; teniendo en cuenta que cada municipio y distrito debe incorporarlo a los Planes Municipales de Desarrollo Económico, Social y de Obras públicas.	Todo el documento
Decreto 1076 de 2015	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, tiene por objetivo prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, junto a ello regular el manejo de los mismos, con el fin de proteger la salud humana y el aprovechamiento de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación.	Todo el documento

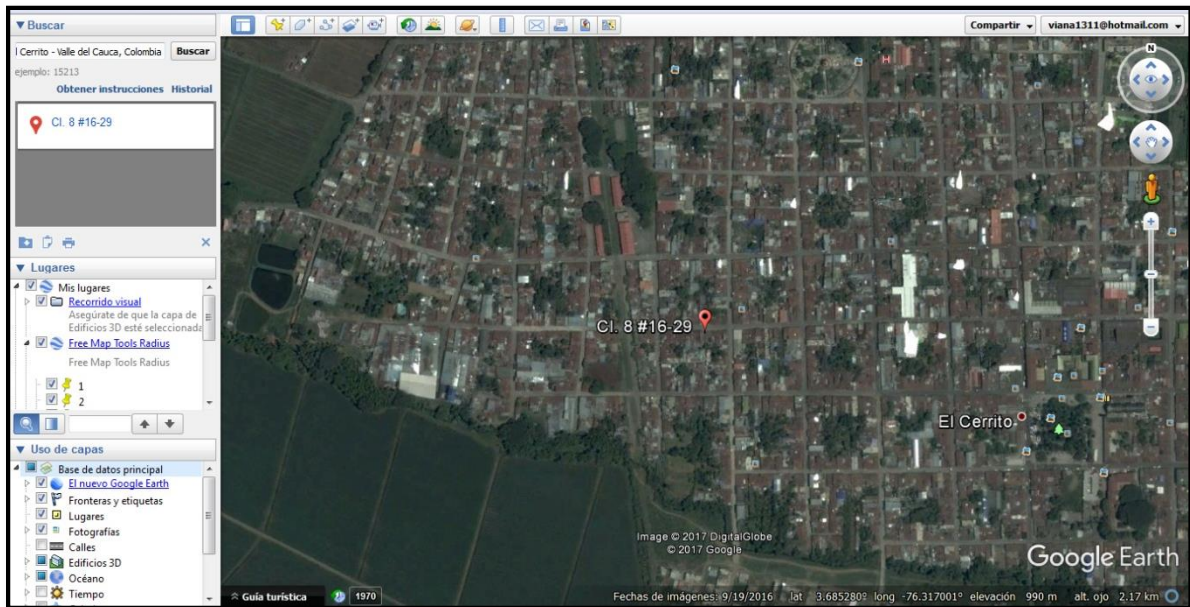
Fuente: Los autores (2017).

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 Localización

La fase experimental para la higienización de los residuos, se realizó en un espacio tipo corral o galpón, situado en el jardín posterior de la vivienda ubicada en la Calle 8 N° 16-29 Barrió Chapinero, jurisdicción del Municipio de El Cerrito (Valle del Cauca), durante los meses de Diciembre 2016 a Junio 2017. Altitud 990 msnm, -76.317001° Longitud y 3.685280° de Latitud Norte, con temperatura promedio de 24° C (Google Earth) como se observa en la **figura 4**.

Figura 4. Localización del sitio experimental.



Fuente: <https://earth.google.com/web/>

Como se ilustra en la **Figura 5**, las dimensiones del galpón fueron:(2 m) de ancho, (5 m) de largo y (1,80 m) de alto; construido en ladrillo de barro quemado, mezcla de cemento y arena, a su alrededor pilares en ladrillo de barro quemado y malla metálica, con piso de cemento blanqueado con cal al igual que las paredes y pilares, cubierto con siete (7) tejas de zinc y armazón de madera. Tuvo dos puertas de entrada construidas en listones de madera, malla metálica y con iluminación nocturna a base de un bombillo ahorrador Philips Eco twister 23 W.

Figura 5. Establecimientos lugar del experimento. **A)** Adecuación de espacio y **B)** Diseño pilas de compostaje.



Fotografía: Los autores (2017).

5.2 Diseño experimental

Se empleó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos (T1, T2 y T3) y cuatro repeticiones (R1, R2, R3 y R4). Con el fin de higienizar los residuos de conchas de caracoles, se asignaron como tratamientos diferentes residuos orgánicos de fácil adquisición en la zona de estudio, para lograr compostaje con fase termofílica ($T \geq 60^{\circ}\text{C}$) como se ilustra en la **Tabla 2**. Las cantidades aportadas de cada residuo en los tratamientos se establecieron con base a lograr relación C: N cercana a 30.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos empleados en el proceso del compostaje.

TRATAMIENTO	DESCRIPCION
<p align="center">Tratamiento 1 (T1)</p>	<p>Sustrato orgánico¹ 8,1 kg Conchas de caracoles molidas <i>M. tuberculata</i> y <i>L. columella</i> 0,112 kg Hojas leguminosas (<i>Leucaena Leucocephala</i>)² 0,265 kg Hojas de caña (<i>Saccharum Officinarum L.</i>)³ 1,105 kg Inoculo de Microorganismos eficientes(<i>Lactobacillus sp</i>)⁴ 100 ml Melaza⁵ 2 kg</p>
<p align="center">Tratamiento 2 (T2)</p>	<p>Sustrato orgánico 8,1 kg Conchas de caracoles molida <i>M. tuberculata</i> y <i>L. columella</i> 0,112 kg Gallinaza 12,605 ⁶kg Hojas de caña (<i>Saccharum Officinarum L.</i>) 1,105 kg Inoculo de Microorganismos eficientes (<i>Lactobacillus sp</i>) 100 ml Melaza 2 kg</p>
<p align="center">Tratamiento 3 (T3)</p>	<p>Sustrato orgánico 8,1 kg Conchas de caracoles molida <i>M. tuberculata</i> y <i>L. columella</i> 0,112 kg Cachaza⁷ 20 kg Hojas de caña (<i>Saccharum Officinarum L.</i>) 1,105 kg Inoculo de Microorganismos eficientes (<i>Lactobacillus sp</i>) 100 ml Melaza 2 kg</p>

Fuente: Los autores (2017).

Las unidades experimentales fueron pilas de 80 x 80 cm, separadas por listones de madera dejando una calle libre para facilitar la movilidad de las pilas. La distribución de los tratamientos en pilas se hizo al azar y en ellas se dispuso la mezcla homogénea de los residuos orgánicos utilizados.

¹ Sustrato Orgánico Proveniente del Vivero Paraíso, El Cerrito Valle del Cauca

² Hojas leguminosas (*Leucaena Leucocephala*) cerco vivo, Municipio de Rozo Valle del Cauca

³ Hojas de caña (*Saccharum Officinarum L.*) suministrada por el Ingenio Providencia, El Cerrito Valle del Cauca

⁴ Inoculación Microbial para compostaje y residuos de cosecha suministrado por la empresa Sanoplant, Insumos Biológicos, Palmira Valle del Cauca

⁵ Melaza suministrada por la Comercializadora Mielles El Paisa, El Cerrito Valle del Cauca

⁶ Gallinaza suministrada por el avícola San Luis, El Cerrito Valle del Cauca

⁷ Cachaza suministrada por el Ingenio Pichichi, Guacarí Valle del Cauca

5.3 Conducción del experimento

El desarrollo de la fase experimental inició con la recolección de los residuos de conchas de caracoles (*M. tuberculata* y *L. columella*) en la planta de abastecimiento de agua potable del corregimiento del Vínculo (Bugá Valle del Cauca). La **Figura 6** ilustra el desarrollo del experimento, que partió de la recolección de 3,5 kg de conchas de caracoles procedentes de tanques lentos descendentes, durante el mes de Diciembre de 2016. Estos residuos se transportaron según las normas de seguridad vigentes y se sometieron al proceso de molienda utilizando un molino casero previamente desinfectado, arrojando un valor en la gramera digital⁸ de 1,348 kg de biomasa molida.

Figura 6. Proceso y recolección. **A)** Recolección concha de caracoles, **B)** Separación partículas de maleza, **C)** Transporte, **D)** Proceso de molienda y **E)** Biomasa total.



Fotografía: Los autores (2016).

Después del proceso de molienda se realizó distribución equitativa de la biomasa en las doce unidades experimentales, correspondientes a 0,112 kg de concha de caracol molida. Al igual que las conchas de caracol molidas, en los tratamientos T1, T2 y T3 se mantuvo constante la cantidad de residuos: hojas de caña, sustrato orgánico y melaza (**Figura 7**). Como fuente de variación en los tratamientos se empleó el residuo aportante de nitrógeno, para T1 (hojas de leguminosa *Leucaena leucocephala*), T2 (gallinaza) y T3 (cachaza) como se ilustra en la **Figura 8**. Los residuos se mezclaron manualmente con la ayuda de pala (**Figura 9**) y se depositaron en

⁸Gramera digital. Marca JAZ International Trading C.O, pesa 10g a 30 kg.

cada pila, teniendo en cuenta la asignación aleatoria de los tratamientos.

Figura 7. Cantidades a emplear de los residuos orgánicos. **A)** Sustrato Orgánico, **B)** Cuantificación gravimétrica Sustrato Orgánico, **C)** Hojas de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum L.*), **D)** Cuantificación gravimétrica Hojas de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum L.*), **E)** Melaza y **F)** Cuantificación gravimétrica de Melaza.



Fotografía: Los autores (2017).

Figura 8. Cantidades de residuos orgánicos a utilizar por cada repetición. **A)** Hojas de Leguminosa (*Leucaena Leucocephala*), **B)** Gallinaza y **C)** Cachaza



Fotografía: Los autores (2017)

Figura 9. Fase de mezclado. **A)** T1-R1, **B)** T2-R1 y **C)** T3-R1.



Fotografía: Los autores (2017).

Cuantificación volumétrica, aplicación del inoculo y activación de microorganismos

Con motivo de acelerar el proceso de descomposición de los residuos orgánicos, se aplicó el producto Descomplant, compuesto por una mezcla de microorganismos⁹ incluyendo actinomicetos, levaduras, bacterias ácido lácticas y hongos descomponedores de materia orgánica (**Figura 10**). Para el compostaje se utilizó una solución preparada con 50 ml de agua y 50 ml del producto Descomplant a cada una de las 12 pilas, como se ilustra en la **figura 11**.

Figura 10. Composición ingredientes activos “Descomplant C. E”



Fotografía: Los autores (2017).

⁹Lactobacillus, Burkolderia, Saccharomyces, Bifidobacterium, Lactococcus, Bacillus, Pseudomonas, Xanthomonas, Streptococcus, Aspergillus y Trichoderma, según Ficha Técnica de la Empresa Sanoplant. URL: http://sanoplant.com.co/fichas/FICHA_TECNICA_DESCOMPLANT.pdf

Figura 11. Aplicación de inoculo. **A)** Descomplant C.E., **B)** Cuantificación volumétrica y **C)** Aplicación E.M.



Fotografía: Los autores (2017)

Para activar los microorganismos en la pila, se usó una fuente de carbohidratos de rápida asimilación como la melaza. Algunos investigadores reportan que soluciones diluidas de melaza a pesar del poco contenido de fósforo, constituyen un excelente medio nutritivo para determinados microorganismos, un ejemplo de ellos son levadura, hongos y bacterias, logrando su activación (Fajardo & Sarmiento, 2007; Sanclemente, García & Valencia 2011).

Para lograr la aceleración de microorganismos en el ensayo, se procedió a verter 2kg de melaza a cada una de las 12 pilas de compostaje (**Figura 12**), utilizando una vasija plástica previamente desinfectada. Finalmente, las pilas se cubrieron con plástico negro de polietileno de baja densidad con medidas de 65 x 90 cm, agujeradas para evitar el mojado por lluvia, disipación del material a causa del viento o la desecación del mismo; permitiendo así la aireación (**Figura 13**). Para permitir la entrada de aire al proceso de compostaje, se realizaron volteos periódicos de los residuos en cada tratamiento, al igual que se aseguró un nivel de humedad óptimo para la movilidad de microorganismos.

Figura 12. Aplicación de melaza a las pilas de compostaje.



Fotografía: Los autores (2017)

Figura 13. Cubrimiento de pilas.



Fotografía: Los autores (2017).

5.4 Evaluación de las variables de repuesta

Se realizaron las mediciones de los parámetros Temperatura, Porcentaje de humedad y pH, hasta completar la fase de maduración (112 días).

5.4.1 Temperatura

En la fase Termofílica donde ocurre el aumento de la temperatura gracias a la actividad microbiana a causa de las oxidaciones biológicas exotérmicas y debido a que la materia orgánica se descompone rápidamente la temperatura puede alcanzar de 50° a 60° C teniendo en cuenta la producción de CO₂. En muchas situaciones por la actividad microbiana la temperatura puede llegar hasta 76°C, lo cual no es conveniente ya que la pérdida de nitrógeno en forma de amoníaco ocurre a partir de 64°C (Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación- SAGARPA, s.f).

El monitoreo y registro de la temperatura en las pilas de compostaje se realizó diariamente, con la ayuda del equipo Multiparametro digital¹⁰, ubicándolo en la parte central de cada pila. Al día siguiente de realizado el compostaje la temperatura se incrementó hasta llegar a 50°C en el T2: R1, R2, R3 y R4 (**Figura 14**) indicando que materiales como: azúcares, proteínas, almidones y hemicelulosa, se degradaron rápidamente.

Figura 14. Medición temperatura T2:R3



Fotografía: Los autores (2017).

¹⁰ Equipo 3 en 1 digital Multiparametro para estudios de suelo, con medidor de pH, humedad y temperatura. Marca AMTAST modelo AMT-300. Rango (-9 a 80°C).

5.4.2 Porcentaje de Humedad

Cuando el compostaje presenta un porcentaje de Humedad entre 50 y 80 % se considera el medio adecuado para el crecimiento de los microorganismos. Por el contrario si los valores son inferiores al 40% de humedad el compostaje puede llegar a la fase de maduración abruptamente. Si presenta un porcentaje de más del 80% las bacterias y hongos pueden vivir sin oxígeno molecular libre. En la primera fase donde se evidencia las altas temperaturas, el compostaje genera grandes pérdidas de agua y es allí donde se recurre a la incorporación de la misma (Salazar, 2014).

Al igual que la temperatura, el monitoreo y registro del porcentaje de humedad se tomó diariamente con la ayuda del multiparámetro digital, ubicándolo en la parte central de cada pila. Pasado un día de realizada la pila y debido a las altas temperaturas que se presentó en el T2: R1, R2, R3 y R4, el porcentaje de humedad se registró 40% (seco), basándose en las condiciones de un ambiente seco con humedades por debajo del 40% en el área del compostaje. Para el mantenimiento de la humedad de los diferentes tratamientos se realizó por medio de una vasija plástica con la capacidad de 1 litro, liberando pequeñas gotas de agua manualmente en todas las direcciones garantizando así, una homogeneidad en la humedad en cada pila de compostaje.

5.4.3 pH

Para favorecer el crecimiento de la mayoría de bacterias el pH debe variar entre valores de 6 y 7.5, si se presenta un pH entre 5.5 a 8.0 es porque existe mayor presencia de hongos. En el transcurso del proceso de compostaje, el valor del pH puede modificar según la sucesión de diversos microorganismos; si se requiere una descomposición aerobia óptima, el pH debería sostenerse en el rango de 6.5 a 8.0; pero si se requiere minimizar la pérdida de nitrógeno en forma de gas amonio, el pH no podrá sobrepasar el valor de 8.5 (Salazar, 2014). Durante la fase experimental para la higienización de los residuos biológicos, el monitoreo y toma de datos del pH se realizó diariamente, permaneciendo desde el inicio entre los valores 7 a 7.5 (**Figura 15**).

Figura 15. Medición pH T2:R1.



Fotografía: Los autores (2017).

5.4.4 Análisis de los Resultados

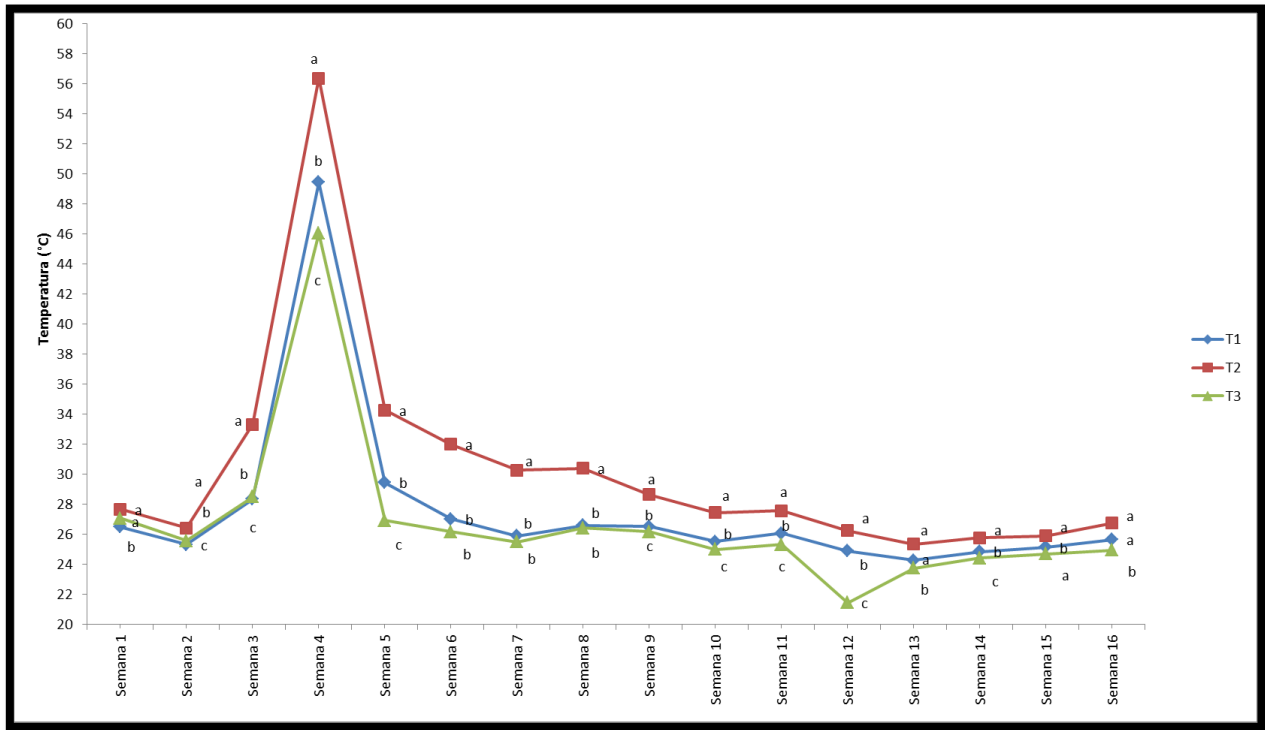
Los resultados obtenidos de variables de respuesta en cada uno de los tratamientos se analizaron mediante análisis de varianza (ANDEVA) y en los casos donde se registraron diferencias significativas ($P < 0,05$) se empleó prueba de promedios de Duncan, utilizando el software estadístico SAS versión 9.2.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Efecto de los tratamientos sobre la variable Temperatura

El análisis de Varianza ANDEVA marcó diferencias estadísticamente significativas ($P>0.05$), entre los tratamientos evaluados para la variable temperatura, en las diferentes semanas de evaluación. A nivel general, la temperatura fluctuó entre 22° y 57°C durante el ensayo, sin registrar temperaturas reportadas en otras investigaciones como ideales en la higienización de residuos ($\geq 60^{\circ}\text{C}$). La prueba de promedios de Duncan ($p>0.05$) indicó que el T2 fue significativamente superior a los otros tratamientos durante el transcurso del ensayo (**Figura 16**). Este incremento en T2 se debió al uso de gallinaza como fuente aportante de N, la cual ha sido descrita en diversas investigaciones como abono caliente (Lozada, 2013).

Figura 16. Fluctuación de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en los diferentes tratamientos. Las letras indican los descriptores de significancia de Duncan ($p>0.05$).



Fuente: Los autores (2017).

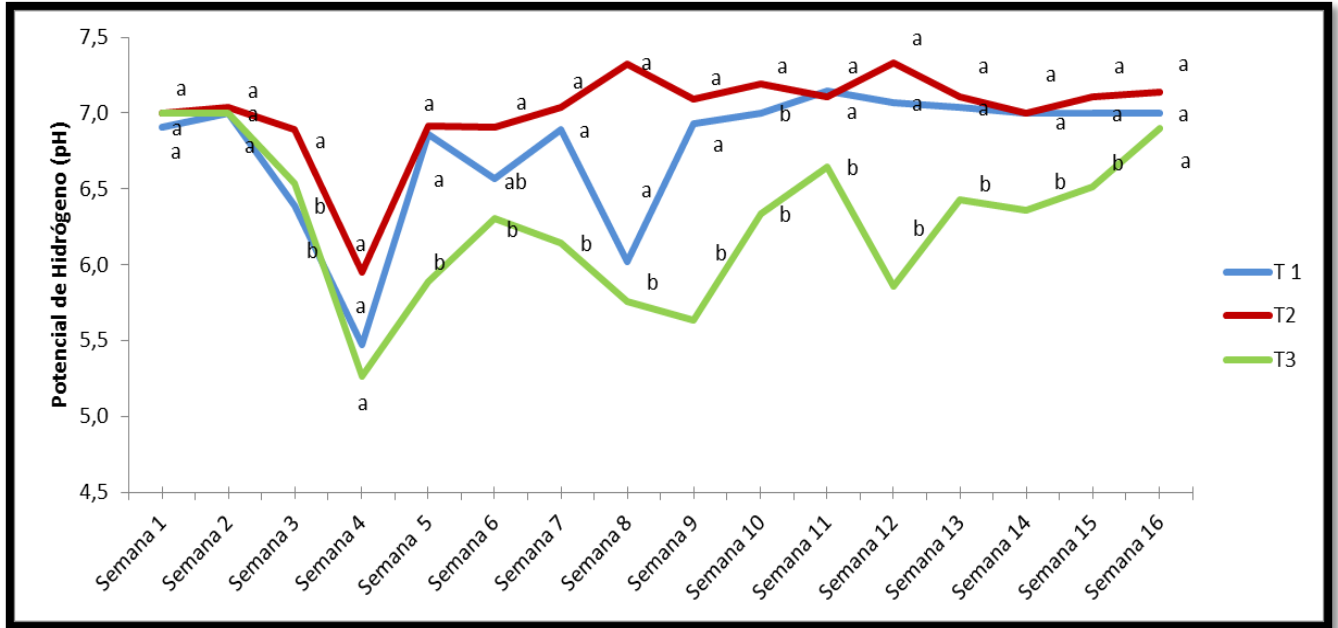
De acuerdo con Tortarolo & Pereda (2008), la fase termofílica comienza cuando el material alcanza una temperatura de 40°C y se caracteriza por alta actividad microbiológica. A partir de los 60°C los hongos termófilos desaparecen y surgen bacterias esporígenas y actinomicetes, que son los encargados de descomponer ceras, proteínas y hemicelulosas, indicando un punto ideal para la higienización, precisamente el objetivo de esta investigación en cuanto a eliminación de microorganismos asociados a las conchas de caracoles *M. tuberculata* y *L. columella*. Los resultados obtenidos en el ensayo, indicaron que la fase termofílica se logró entre las semanas 3 y 5, siendo el pico más alto en la semana 4. Durante estos quince días, el incremento de la temperatura hasta 57°C en T2 lograría higienizar gran parte de los microorganismos potencialmente patógenos asociados a las conchas de caracol, sobre todo por el periodo de retención que desfavorecería condiciones del ciclo reproductivo celular al afectar el proceso de fisión binaria.

Por su parte, los tratamientos T3 y T1 que lograron máximas temperaturas de 46,64 y 49,43°C respectivamente, higienizarían menor porcentaje de patógenos, pudiendo privilegiar la aparición de microorganismos termófilos que logran sobrevivir en estas condiciones. El T3 donde se usó cachaza, al parecer no logró una óptima relación C: N posiblemente por volatilización del N en forma de NH₄ durante los primeros días, impidiendo que la temperatura se incrementara notablemente en la fase termofílica. El T1 donde se empleó residuos de la leguminosa (*Leucaena Leucocephala*) al parecer logró mejor relación C: N que el T3, sin embargo los altos contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina, limitarían la actividad de microorganismos para obtención de C, por su complejidad molecular de estos compuestos orgánicos (Castaño, 2009)

6.2 Efectos de los tratamientos sobre el variable pH

A partir del análisis de Varianza ANDEVA entre los tratamientos evaluados se evidenció que marcó diferencias para la variable de pH entre las semanas estimadas. A nivel general, el pH se mantuvo casi sin variación respecto al T2. Sin embargo en la semana 4 se observó una marcada variación que coincide con el aumento de la temperatura y el porcentaje de humedad, reduciéndose a moderadamente ácido (pH= 5) en el tratamiento T3 (**Figura 17**).

Figura 17. Variación del pH con los tratamientos y el tiempo. Las letras indican los descriptores de significancia de Duncan ($p > 0.05$).



Fuente: Los autores (2017).

De acuerdo con Castrillón & Bedoya, (2006), esta variación se debe al cambio entre la fase Mesófila a Termófila, por la velocidad de descomposición de los residuos ya que los microorganismos pueden tolerar factores ambientales extremos, como las altas temperaturas o bajos pH, pero no al mismo tiempo. En este momento los microorganismos producen CO_2 por la respiración y al combinarse con H_2O los microorganismos producen ácidos orgánicos o carbónicos, indicando que el compostaje está en un pH ácido, por ende los residuos se están degradando más rápidamente gracias a la actividad microbiana, justamente surgen las bacterias termófilas o benéficas y al tiempo las bacterias patógenas se eliminan (Acosta & Peralta, 2015).

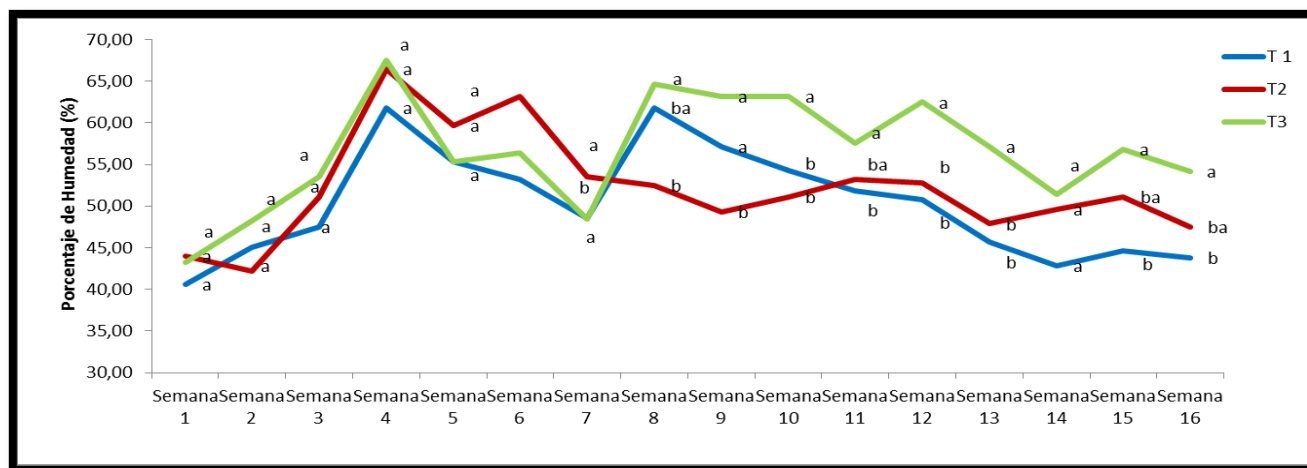
Para la semana 8 el T2 donde se usó leguminosa (*Leucaena Leucocephala*) se observó una ligera disminución, llegando a valores de ácidos $\text{pH}=6$, debido a que esta planta es intolerante a suelos ácidos inhibiendo su desarrollo (Wencomo & Lugo, 2013). En la semana 12 para el T3 donde se usó Cachaza se observó una leve disminución cercana a $\text{pH}=6$, de acuerdo con Fajardo & Sarmiento (2007), lo anterior se debe que la cachaza es ligeramente ácida, con un pH entre 5.5 y 6.5 atribuible a la presencia de ácidos alifáticos. La fase final se presentó desde

la semana 5 y hasta la semana 16, cuando las temperaturas se tornaron estables y cercana a la temperatura ambiente, por consiguiente el pH se mantuvo estable en un rango de 7 para el T1 y T2, a diferencia del T3 que durante todo el proceso el pH estuvo en un rango de 6.5, pero que al culminar la semana 16 se estabilizó.

6.3 Efectos de los tratamientos sobre la variable Porcentaje de Humedad.

El análisis de Varianza ANDEVA marcó diferencias estadísticamente significativas ($P>0.05$), entre los tratamientos evaluados para la variable Humedad en las diferentes semanas de evaluación. A nivel general, el contenido de humedad mostró una diferencia del 5% entre el momento inicial y la última semana del ensayo. El mayor incremento se observó en la semana 4 que coincide con el aumento de temperatura y la acidificación del pH (**Figura 18**) este incremento se debió al crecimiento microbiano que está entre el 50-70% en la fase Termófila.

Figura 18. Variación del porcentaje de humedad con los tratamientos y el tiempo. Las letras indican los descriptores de significancia de Duncan ($p>0.05$).



Fuente: Los autores (2017).

En el T3 se utilizó Cachaza lo que representa una marcada diferencia en cuanto al T1 y T2, debido a que la Cachaza contiene gran parte de materia coloidal dispersa en el jugo, producto de clarificación del guarapo de caña de azúcar (Soliva, 2008). Al finalizar el proceso el contenido de humedad osciló entre un 40% y 55% que se atribuye al calor generado por la actividad microbiana, durante el compostaje se ha de mantener una humedad apta para la supervivencia

de los microorganismos, es útil que para el producto final el porcentaje de humedad disminuya facilitando su manipulación (Riera, 2009).

En la semana 7 se observó un descenso del contenido de humedad en los tres tratamientos entre 45% y 55% que posiblemente se debe a diversos factores como la evaporación, lixiviación y aireación (Riera, 2009). Por su parte el T2 donde se utilizó Gallinaza, se observó que posterior a la fase Termófila el contenido de humedad se mantuvo casi estable en 50%. De acuerdo con Uribe *et al.* (2001), al incrementarse la Temperatura la Gallinaza se deshidrata por consiguiente pierde la calidad y se reduce con un 20 % de humedad.

El T3 donde se utilizó Cachaza, mostró mayor índice de retención de humedad con un valor de 60% frente a los demás tratamientos. De acuerdo a Gómez & Gutiérrez (2015), la Cachaza está constituido por la mezcla de fibra, colidales coagulados, cera, sustancias albuminoides, fosfatos de calcio y partículas de suelo, que la convierte en un material con alto contenido de humedad y por consiguiente se aplica en suelos cercanos a la fábrica, ya que su costo de transporte es relativamente alto. En el T1 donde se utilizó como Leguminosa (*Leucaena Leucocephala*), el porcentaje de humedad fue relativamente bajo a comparación del T3, con un 45% de humedad, posiblemente este residuo se descompuso lentamente dejando poco N disponible en el suelo (Castro, 2016).

6.4 Socialización resultados obtenidos con los actores sociales relacionados tanto con el proceso de potabilización y las entidades de control ambiental competentes.

Para llevar a cabo el objetivo número tres de la presente investigación, se realizó socialización de los resultados obtenidos en la oficina administrativa (ASUACOVI)¹¹ de la PTAP, ubicada en la vía Panamericana, se contó con la participación de cuatro funcionarios de la planta (**Anexo 1**), en la que se expuso la problemática asociada a los residuos orgánicos concha de caracoles *M. tuberculata* y *L. columella*, con el fin que los asistentes conozcan otras medidas de manejo para los residuos orgánicos que diariamente surgen en los tanques y así evitar mala disposición de los mismos (**Figura 19**).

El encuentro de socialización comprendió dos etapas, la primera de ellas se realizó una encuesta

¹¹ ASUACOVI: Asociación de suscriptores de acueducto y alcantarillado corregimiento El Vínculo

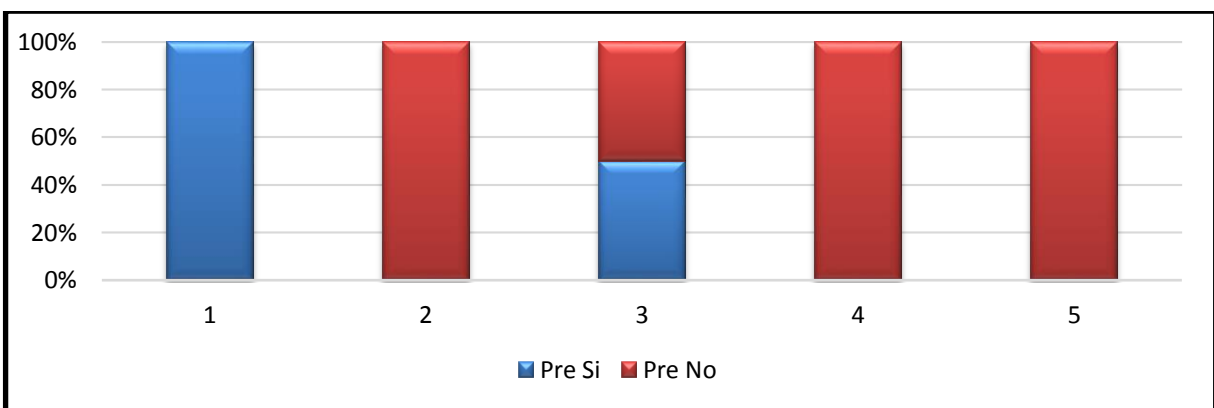
pre (**Anexo 2**), con cinco preguntas alusivas al tema con el objetivo de evaluar el nivel de información que los asistentes poseen sobre la problemática en cuestión. La segunda etapa se constituyó en volver a realizar la misma encuesta post (**Anexo 3**), con el propósito de evaluar el impacto que causó el encuentro a los participantes y despejar las dudas que surgen a raíz de la situación actual en la PTAP, adicionalmente se les pidió a los integrantes realizar un dibujo referente al proceso operativo de la planta, permitiendo plasmar el conocimiento de los sistemas y manejo del agua (**Figura 22**).

Figura 19. Momento Socialización PTAP, Corregimiento El Vínculo, Buga Valle del Cauca.



Fotografía: Los autores (2017).

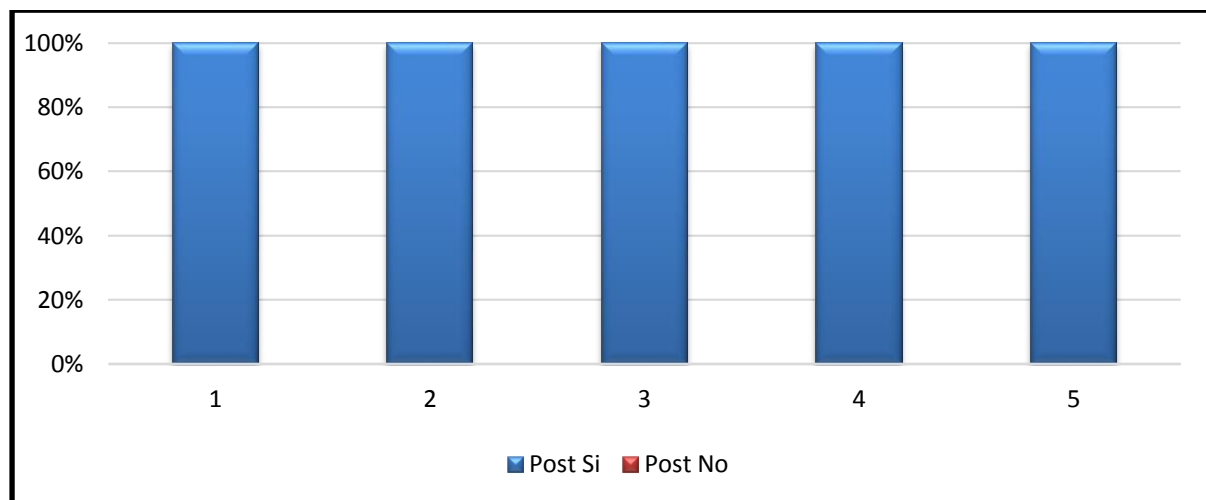
Figura 20. Grafica encuestas pre.



Fuente: Los autores (2017).

Como se ilustra en la **figura 20**, pudimos determinar que el 100% de los asistentes tienen claro que hay una sobrepoblación de dichos moluscos y que al carecer de métodos para enfrentar esta situación optan por emplear formas rudimentarias para deshacerse de las conchas a cielo abierto. La tercera pregunta refleja que la opinión está dividida, el 50% de los participantes optaron por afirmar mientras que el 50% señalaron por negar tener pleno conocimiento sobre la disposición de las conchas de caracoles. En el segundo, cuarto y quinto interrogante alusivo al compostaje y sus beneficios, el 100% de la población encuestada refieren no conocer qué alternativas se podrían implementar, dando a comprender las indiferencias ante la situación.

Figura 21. Grafica encuestas post.



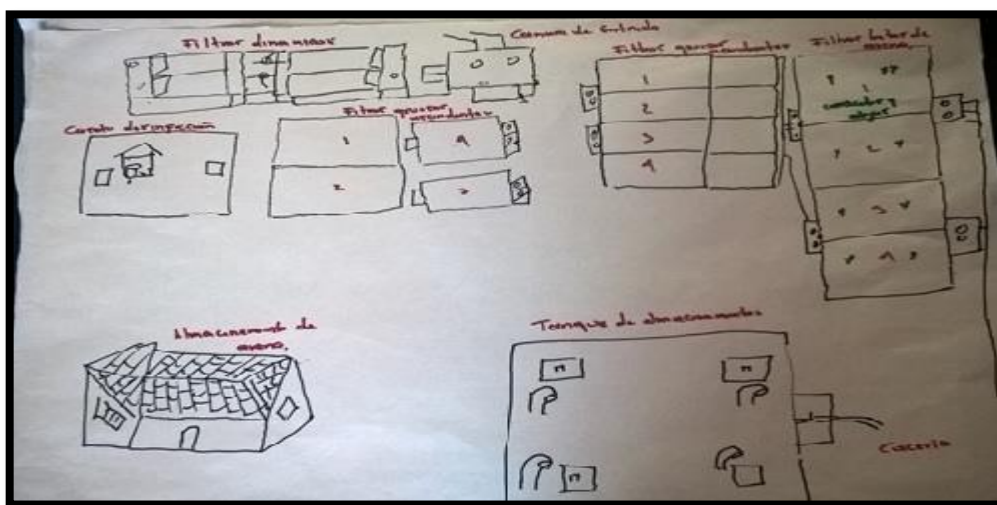
Fuente: Los autores (2017).

En la **figura 21** se visualiza el impacto que causó la encuesta post de socialización. Se evidencia el cambio positivo entre las dos etapas del encuentro, gracias a que el 100% de los asistentes mostraron buena disposición por adquirir parcialmente nuevos conceptos, aunque están rodeados de la problemática para ellos utilizar términos como, compostaje, abono orgánico, eran en cierta parte desconocidos reflejado en la etapa pre, por consiguiente cumplimos con el objetivo de transmitir información hallada en la investigación.

Cartografía social

La cartografía social es una metodología participativa y colaborativa de investigación que convoca a la reflexión, organización y acción entorno a un espacio físico y social. Se utiliza como técnica dialógica permitiendo proponer desde una perspectiva transversal, inquietudes para afrontar un conflicto socio ambiental que originaron el ejercicio (Vélez, Rátiva & Corredor, 2012). Para el ejercicio de socialización los funcionarios de la entidad realizaron una actividad lúdica, en la cual desarrollaron habilidades de diseño en los sistemas de agua y posteriormente a ello, resaltaron la problemática que diariamente se observa en los tanques lentos descendentes (**Figura 22**), dando a comprender que es una situación albergada en ellos.

Figura 22. Ilustración proceso PTAP.



Fotografía: Los autores (2017).

Como se ilustra en la **figura 22**, los asistentes presentan plenos conocimiento sobre las instalaciones de la PTAP, resaltando el lugar exacto donde existe la sobrepoblación de los caracoles, pues esta actividad se repite a diario en sus funciones laborales y aunque para ellos es normal observar tanto caracol divagando, para quienes tenemos conocimientos sobre los problemas ambientales que esto conllevaría, es un hecho que necesita una pronta solución.

6.5 DISCUSIÓN GENERAL

De acuerdo con los parámetros evaluados en los tres tratamientos, se pudo observar a nivel general que los residuos biológicos de concha de caracoles *Melanoides tuberculata* y *Lymnaea columella* se lograron higienizar alcanzando una temperatura entre 22°C y 57°C, aunque no es lo ideal para este tipo de compostaje, las condiciones en que se desarrolló el proceso fueron óptimas. Dichos residuos biológicos presentan altos contenidos de carbono y otros minerales como el calcio y fósforo, sin embargo el contenido de nitrógeno es bajo, por tal motivo al involucrar una fuente de nitrógeno como hojarasca de leguminosa (*Leucaena leucocephala*), gallinaza y cachaza, se logra equilibrar los nutrientes en el compostaje, que se reflejó en los datos arrojados por el Análisis de Varianza ANDEVA. En estos análisis estadísticos de resultados, se observó que los parámetros evaluados temperatura, pH y porcentaje de humedad manejan una estrecha relación evidenciándose en la semana 4, cuando el compostaje alcanzó la fase Termofílica, en ese momento la higienización del aporte de nitrógeno orgánico fue dependiente de la humedad, ya que al T2 donde se utilizó gallinaza la temperatura no fue limitante provocando la acides del pH. Debido a que la gallinaza es un material biológico con alto contenido de humedad y altos niveles de nitrógeno, que al ser deshidratada por acción del calor, produce un proceso de fermentación aeróbica que genera nitrógeno orgánico mucho más estable a comparación de su estado inicial.

Simultáneamente el T3 donde se utilizó Cachaza logró marcar la diferencia en la retención de humedad con el promedio de 60% entre las semanas 7 y 16 frente a los demás tratamientos, esto se debió por su baja densidad y aunque para el ensayo la Cachaza se empleó seca, en su estado fresco presenta olor desagradable, sin forma definida y de difícil manipulación.

Por su parte el T1 donde se utilizó hojarasca de leguminosa (*Leucaena leucocephala*), no logró marcar diferencia en ninguna de las variables evaluadas debido a que son utilizadas en la agricultura como cercas vivas, que al crecer junto a los cultivos alimentarios sus hojas caen en el suelo, se recolectan y retienen nitrógeno, quedándose como abono y ocasionalmente son podadas.

Según la prueba de promedios de Duncan ($p > 0.05$) para la variable temperatura indicó que se presentaron diferencias significativas entre la 3 y 5 semana de evaluación, siendo el promedio más alto en la semana 4. Esto se debió a que en los primeros 15 días de transcurrido el ensayo

las bacterias termofilicas fueron creciendo y aumentando proporcionalmente hasta alcanzar la temperatura óptima, en este preciso momento y conforme la población termofílica se multiplica formando ácidos orgánicos sencillos que causaron el descenso del pH, por consiguiente los microorganismos patógenos asociados a las concha de caracol se destruyeron al no soportar temperaturas superiores a 50°C, determinando que el calor es una fuente importante de destrucción de patógenos.

Cabe resaltar que las condiciones climáticas donde se realizó el experimento influenciaron en algún momento sobre los tratamientos, en especial en semana 7 cuando se presentó un leve descenso en el porcentaje de humedad, en estas épocas de invierno la velocidad del proceso disminuyó naturalmente, aunque las pilas se encontraron cubiertas y aireadas constantemente, fue inevitable aislar la compostera del ambiente.

Por su parte los resultados arrojados para la variable pH, se observó que la fluctuación de valores fué aproximadamente lineal y creciente con respecto al contenido de materia orgánica en el T2, teniendo en cuenta que la Gallinaza presenta un alto contenido de materia orgánica, por ende un pH estable, esto es probablemente por un proceso llamado mineralización en el cual ocurre la descomposición de compuestos nitrogenados.

Los microorganismos eficientes, utilizados durante el ensayo también contribuyeron con el éxito del experimento, debido a que los Lactobacillus, son excelentes aliados para el sector agrícola y ayudan a descomponer rápidamente la materia orgánica del suelo, de esta forma eliminan los malos olores y previenen enfermedades causados por los hongos, aunque esta situación no se presentó durante el proceso, por el contrario el compostaje sostuvo un olor agradable a tierra húmeda. En este orden de ideas las condiciones en que se desarrolló el experimento fueron las más apropiadas, pues la composición de cada uno de los materiales aportó un nivel óptimo de nutrientes para el desarrollo de los microorganismos benéficos, considerándose adecuada una relación C: N de 30/1.

7. CONCLUSIONES

Se implementaron tres tratamientos en el proceso de compostaje, utilizando conchas de caracol *Melanoides tuberculata* y *Lymnaea columella* en diferentes mezclas con residuos orgánicos asequibles y abundantes en la región, bajo estas condiciones se marcaron diferencias estadísticas en los tratamientos logrando vislumbrar las bondades ambientales y económicas del uso de residuos considerados peligrosos en recursos como el compost.

De acuerdo con las variables evaluadas en el compostaje, se logró higienizar los residuos biológicos en cuestión, evidenciándose en el T2 (Gallinaza) al alcanzar el pico más alto en la variable temperatura de 57°C, determinando que este tipo de residuo con alta mineralización de materia orgánica el uso del compost se convierte en alternativa viable para mantener y/ o mejorar la concentración de N en el suelo.

Después de realizada la socialización ante los funcionarios de la PTAP corregimiento El Vínculo, podemos constatar que cumplimos con objetivo del encuentro, comunicándoles los resultados hallados en la presente investigación, por consiguiente le creamos la necesidad de adquirir nuevos conceptos técnicos en el ámbito laboral para luego ponerlos en práctica y de esta manera hallar una pronta solución a los problemas asociados a las conchas de caracol que afronta la planta.

8.RECOMENDACIONES

Se recomienda adelantar estudios posteriores que permitan utilizar residuos potencialmente patógenos como abono verde en suelos cercanos a la zona de estudios, con el fin de establecer la incidencia de este tipo de residuos sobre los contenidos de materia orgánica del suelo en el tiempo.

Para realizar un compost se recomienda un sitio sombreado, lo cual protegería del calor directo del sol que pueda aumentar la evaporación de agua. El espacio debe ser plano y cerca al lugar donde se usará, dejando un espacio por donde transitar si se realiza directamente en el suelo, si por el contrario se realiza una compostera, esta debe ser un rectángulo no muy rígido ni pesado, para facilitar el movimiento, junto a ello se recomienda evaluar los parámetros del compostaje constantemente, con el fin de manejar inconvenientes como el mal olor, descomposición lenta, presencia de mosca, hormigas y roedores.

Es recomendable el uso de elementos de protección personal para el manejo y transporte de residuos biológicos, ya que el medio de contagio son las actividades agrícolas, domésticas, profesionales o recreativas habituales en las que hay contacto con aguas infestadas, por ende no es aconsejable utilizar estos elementos para otras actividades, puestos que están destinados para un área de riesgo biológico.

Es recomendable realizar charlas de capacitaciones sobre el manejo de residuos potencialmente peligrosos las personas expuestas a ellos, con el fin de instruirlos a manera preventiva mejorando sus niveles de conocimientos.

9.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta, W. & Peralta, W. (2015). *Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el Municipio de Fusagasugá*. (Tesis de grado). Universidad de Ciencias Agropecuarias, Fusagasugá, Colombia. Recuperado de:<http://dspace.ucundinamarca.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1234/ELABORACI%C3%93N%20DE%20ABONOS%20ORG%C3%81NICOS%20A%20PAR%20TIR%20DEL%20COMPOSTAJE%20DE%20R.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bueno, L. & Camargo, J. (2015). Nitrógeno edáfico y nodulación de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit en sistemas silvopastoriles. *Eco fisiología, Metabolismo de Cultivos, Tecnología, Producción y Fisiología de Semillas* 64, (4). 349-354. Obtenido de: <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v64n4/v64n4a10.pdf>
- Cajahuanca, S. (2016). *Optimización del manejo de residuos orgánicos por medio de la utilización de microorganismos eficientes (*Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus sp.*, *Lactobacillus sp.*) en el proceso de compostaje en la central hidroeléctrica Chaglla*. (Tesis de grado). Universidad de Huánuco, Perú. Recuperado de: http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/58/TESIS_SARA_CAJAHUA_NCA_FIGUEROA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Castaño, E. (2009). *Obtención y caracterización de nano fibras de celulosa a partir de desechos agroindustriales*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Recuperado de: http://www.bdigital.unal.edu.co/920/1/1017137266_2009.pdf
- Castells, X. (2012). *Tecnologías Aplicables al tratamiento de residuos*. Madrid España: Editorial Díaz de santos.
- Castillo, L & Herrera, O. (2008). Registro de la especie exótica *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) en la región de Tarapacá (Gastropoda, Prosobranchia, Thiridae). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile*, 57, pp. 153- 158. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/299437717_registro_de_la_especie_exotica

[melanoides tuberculata muller 1774 en la region de tarapaca gastropoda prosobranchia thiaridae](#)

Castrillón, O., Bedoya, O & Montoya, D. (2006). Efecto del pH sobre el crecimiento de microorganismos durante la etapa de maduración en pilas estáticas de compost. *Producción + Limpia*, 1(2), 87-98. Recuperado de: http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/512/1/pl_v1n2_87-98_compost.pdf

Castro, E. (2015). Utilización de leguminosas forrajeras como abonos verdes para la producción de cultivos forrajeros y leche en ganaderías doble propósito en el trópico seco. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/51526/1/79763436.2016.pdf>

Céspedes, L. (2004). Bases técnicas para la producción de compost. Revista *Tierra Adentro*, 1(59), 38-41

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. (2012). *Los macro invertebrados como bioindicadores de la calidad del agua*. Recuperado de: <https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=26620&download=Y>

De la Cruz, C. (2015). *Contribución de abonos verdes a la producción sostenible de caña de azúcar Saccharum Officinarum (L), en la hacienda La Floresta del municipio de Bugalagrande-Valle del Cauca*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Valle del Cauca, Colombia. Recuperado de: http://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/4203/1/11167224_21.pdf

Enríquez, E. (2013). *Producción de compost a base de Lechugin (Eichornia crassipes) utilizando en tratamiento de aguas residuales en Lafarg Cementos s.a. y su efecto en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.)* (Tesis de grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2677/1/03%20AGP%20161%20TESIS.pdf>

- Espinoza, F., Torres, A. & Chacón, E. (2007). *Leucaena (Leucaena leucocephala) y Cují (Acacia macracantha y Mimosa tenuiflora) como aporte de proteína económica en los sistemas doble propósito. Recursos Agroalimentarios 1 (1) 47:70.* Obtenido de: http://avpa.ula.ve/eventos/i_simposio_tecnologias/pdf/articulo2.pdf
- Fajardo, E. & Sarmiento, S. (2007). *Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de Saccharomyces cerevisiae.* (Tesis de grado). Pontificia universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Básicas. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis26.pdf>
- García, C. (2013). *Comportamiento agronómico del cultivo de la alfalfa (Medicago sativa L.) a la aplicación de tres tipos de abonadura orgánica en cartón Pimampiro provincia de Imbabura.* (Tesis de grado). Universidad Técnica de Babahoyo, El Ángel, Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/500/6/T-UTB-FACIAG-AGR-000085.pdf>
- García, D. (2015). *Validación de un Bioinoculante a base de bacterias Diazotróficas en el crecimiento, desarrollo y rendimiento agrícola de (Phaseolus vulgaris L.)* (Tesis de grado). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10029/1/Tesis%20Diana%20Carolina%20Garc%C3%ADa.pdf>
- García, I & González, L. (2015). Análisis e identificación de bioestimulante sindólicos en una composta. Investigación Universitaria Multidisciplinaria. *Facultad de Ciencia y Tecnología*, 1(4), 7- 13. Recuperado de: http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v4n1/data/Abonos_organicos_y_su_efecto_en_las_propiedades_fisicas_quimicas_biologicas_del_suelo.pdf
- García, J., y Macías, A. (2016). *Eficiencia de Lactobacillus y Chlorella Sp (In vitro), en la disminución de la carga orgánica en aguas residuales de la destilería de alcohol la Soledad, Junín.* (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/298/1/TMA98.pdf>

- Gómez, W & Gutiérrez, J. (2015). *Respuesta fisiológica del frijol caupi Vigna Unguiculata L., utilizando como abono verde en cultivo asociado con caña de azúcar Saccharum Officinarum L., en suelos Pachi Haplustolls del municipio El Cerrito-Valle del Cauca.* (Tesis de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Valle del Cauca, Colombia. Obtenido de: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/3825/1/94313911.pdf>
- Guaminga, I. (2012). *Manejo y procesamiento de la gallinaza.* (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2114/1/17T1106.pdf>
- Hernández, O., Ojeda, D., López, J & Arras, A. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnología Chihuahua*, 4 (1), 23-32. Recuperado de: http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v4n1/data/Abonos_organicos_y_su_efecto_en_las_propiedades_fisicas_quimicas_biologicas_del_suelo.pdf
- Horanato da Silva, L., Oliveira, E, Calegari, L., Carneiro, M. & Linhares, M. (2017). Características Dendrométricas, Físicas y Químicas de *Myracrodruon urundeuva* y *Leucaena leucocephala*. *Floresta Ambiente* 24 (1), 1-8. Obtenido de: <http://www.scielo.br/pdf/floram/v24/2179-8087-floram-24-e20160022.pdf>
- Iannacone, J & Alvarino, L. (2002). Efecto del detergente doméstico Alquil Aril sulfonato de Sodio Lineal (LAS) Sobre la Mortalidad de Tres Caracoles Dulceacuícolas en el Perú. *Ecología Aplicada*, 1(1), 81-87. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/html/341/34100113/>
- Jaramillo, C. (2016) *Mineralización de la gallinaza y de los restos de cosecha en el suelo. Aplicación al cultivo de la coliflor en la Huerta de Valencia.* (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Claudia_Jaramillo_Gonzalez/publication/306349836_Poultry_manure_and_crop_residues_mineralization_on_the_soil_Application_in_a_cauliflower_crop_in_the_valencian_orchard/links/57b9c53e08aec9984ff60472/Poultry-manure-and-crop-residues-mineralization-on-the-soil-Application-in-a-cauliflower-crop-in-the-valencian-orchard.pdf

- Jaramillo, R., Perna, O., Rio, L & Escobar, J. (2014). Efecto de la melaza de caña tratada con ácido sulfúrico en la producción de celulosa por *Gluconacetobacter xylinus* IFO 13693. *Revista Colombiana de Química*, 43 (2), 25-31. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v43n2/v43n2a04.pdf>
- Kalil, S. (2007). *Seguimiento del Proceso de Humificación en Compost Inoculado*. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Recuperado de: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis288.pdf>
- Kevin. (2013, Octubre). Lactobacilos. *Soft Secrets*. Recuperado de: <https://www.softsecrets.com/ca/noticias/nacional/lactobacilos/>
- Lasso, C & P. Sánchez. (2011). *Los peces del delta del Orinoco: Diversidad, bio ecología, uso y conservación*. Fundación la Salle de Ciencias Naturales y Chevron. Pp. 406. Recuperado el 5 de febrero de 2017 en: http://www.iucnssg.org/uploads/5/4/1/2/54120303/los_peces_del_delta_del_orinoco._diversi.pdf
- Lozada, J. (2013). *Obtención de Biogás en base a mezclas de Gallinaza con residuos orgánicos de Cerdo y Cuy*. (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6631/1/BQ%2040.pdf>
- Manual de Compostaje. (s.f.). Obtenido de http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/manual_de_compostaje_2011_paginas_1-24_tcm7-181450.pdf
- Martínez, P & Roca, D. (Eds). (2011). Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. *Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo*. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. 37-77. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Dolors_Roca/publication/237100771_Sustratos_para_el_cultivo_sin_suelo_Materiales_propiedades_y_manejo/links/0deec51b8657d36d7e000000/Sustratos-para-el-cultivo-sin-suelo-Materiales-propiedades-y-manejo.pdf

- Mellado, J. (s.f) *Diseño completamente al azar*. Obtenido de: <http://www.uaaan.mx/~jmelbos/cursos/deapu1b.pdf>
- Moreno, J & Moral, R. (Ed.). (2008). *Compostaje*. Madrid, España: Editorial Mundi-Prensa
- Moreno, J., Moral, J., García, J., Pascual, J & M.P. Bernal, M. (Eds). (2015). *De residuo a recurso el camino hacia la sostenibilidad*. Madrid, España: Editorial Mundi-Prensa
- Nieto, A., Murillo, B., Troyo, E., Larrinaga, J & García, J. (2002). El uso del compostas como alternativas ecológicas para la producción sostenible del Chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas. *Revista Interciencia*, 27 (8), 417-421: Recuperado de: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442002000800006
- Organización mundial de la salud - OMS. (2017). *Esquistosomiasis*. Centro de prensa. Recuperado de: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs115/es/>
- Ospina, I. (2016). *Influencia de la aplicación de compost producido a partir de residuos de la caña de azúcar (Saccharum Officinarum L.) en un vertisol del Valle del Cauca*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia, Valle del Cauca, Colombia. Recuperado de: http://www.bdigital.unal.edu.co/54465/1/2016-Isabel_Cristina_Ospina.pdf
- Peso, J., Volger, R & Pivadori, N. (2010). Primer registro de Gasterópoda invasor *Melanoides Tuberculada* (Gasterópoda, Thiaridae) en El Rio d Uruguay (Argentina-Brasil). *Comunidades de La Sociedad Malacológica de Uruguay*, 9 (93): 231-236. Recuperado de http://www.smdu.org.uy/93/Peso_et_al_231-236_CSMU93.pdf
- Pino, J., López, F & Iannacone, J. (2010). Impacto ambiental en la proporción de especímenes machos en poblaciones partenogenéticas de *Melanoides tuberculata* (Müller 1774) (*Prosobranchia: Thiaridae*) en el Perú. *The Biologist*, 8(2), 139-149
- Prepelitchi, L. (2009). *Eco epidemiología de Fasciola hepática (Trematoda, Digenea) en el norte de la provincia de corrientes destacando aspectos ecológicos de Lymnaea columella (Pulmonata, Lymnaeidae) y su rol como hospedador intermediario*. (Tesis doctoral). Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. Recuperado de: http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_4546_Prepelitchi.pdf

- Riera, N. (2009). *Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas*. (Trabajo de grado). Universidad de Morón, Buenos Aires, Argentina. Obtenido de: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/02-compostaje.pdf
- Rodríguez, M & Córdoba, A. 2006. *Manual de compostaje municipal tratamiento de residuos sólidos urbanos*. México: editorial SEMARNAT. Recuperado de: <http://www.resol.com.br/cartilha5/Manual%20de%20Compostaje-SERMANAT-Mexico.pdf>
- Román, P., Martínez, M., Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del Agricultor: Experiencias en América Latina*. Chile: Organización de las Naciones Unidas para la alimentación - FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Salazar, L., Estrada, V.E & Velásquez, L.E. (2006). Effect of the exposure to *Fasciola hepatica* (Trematoda: Digenea) on life history traits of *Lymnaea cousini* and *Lymnaea columella* (Gastropoda: Lymnaeidae). *Experimental Parasitology*, 1(114), 77-83.
- Salazar, T. (2014). Actividad microbiana en el proceso de compostaje aerobio de residuos sólidos orgánicos. *Revista de Investigación Universitaria*, 3 (2), 74-84. Recuperado de: <http://revistascientificas.upeu.edu.pe/index.php/riu/article/view/524/545>
- Sanchez, M., Roig, A., Paredes, C. & Bernal, M. (2001). La transformación de nitrógeno durante el compostaje de residuos orgánicos por el sistema Rutgers y sus efectos sobre el pH, EC y madurez de la mezclas de compostaje. *Biorseour Techno*, 78(3), 301-8. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11341692>
- Sanclemente, O., García, M & Valencia, F. (2011). Efecto del uso de melaza y microorganismos Eficientes sobre la tasa de descomposición de la hoja de caña (*Saccharum Officinarum*). *Revista de investigación Agraria y ambiental*, 2(2), 13-19. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3903435>
- Sanoplant. (2009). *Descomplant C.E*. Ficha técnica. Palmira. Recuperado de: http://sanoplant.com.co/fichas/FICHA_TECNICA_DESCOMPLANT.pdf
- Sarmiento, T. (2012). *Impacto del procesamiento sobre la pared celular y las propiedades hipoglucémicas y tecno funcionales de leguminosas*. (Tesis de grado). Universidad

Autónoma de Madrid, Madrid, España. Recuperado de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/101597/1/tecnofuncionales%20de%20leguminosas.pdf>

Secretaría de agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación –SAGARPA. (s.f). *Elaboración de Composta*. Recuperado de: http://red.ilce.edu.mx/sitios/proyectos/recup_nuestroamb_oto16/pdf/elaboracion_de_composta_sagarpa.pdf

Segura, J. (2000). *Nota de diseños experimentales*. Universidad Autónoma de Yucatán. Recuperado de: <http://www.angelfire.com/ar/iagg101/docum/Diseno1.pdf>

Soliva, G. (2009). Efecto de la cachaza y el compost en el rendimiento agrícola de la Col (Brassica Olerácea) variedad KK Cross.), en condiciones de huerto intensivo en el municipio Amancio. (Trabajo de diploma). Centro Universitario “Vladimir Ilich Lenin”, las Tunas, Cuba. Obtenido de: <http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/941/1/Gabriel%20Soliva%20Silva.pdf>

Soto, G & Muñoz, C. (2002). Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura. *Manejo integrado de plagas y Agroecología*, 1 (65), 123-129. Recuperado de: <http://www.sidalc.net/REPDOC/A2037E/A2037E.PDF>

Tortarolo, M., Pereda, M., Palma, M & Arrigo, N. (2008). Influencia de la inoculación de microorganismos sobre la temperatura en el proceso de compostaje. *Ciencia del Suelo*, 26 (1), 41-50. Recuperado de: <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v26n1/v26n1a05.pdf>

Uribe, J., Estrada, M., Córdoba, S., Hernández, L & Bedoya, D (2001). Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 14 (2), 164-172. Recuperado de: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/rccp/article/viewFile/323763/207809>
[50](#)

Vélez Torres, I., Rátiva Gaona, S., & Varela Corredor, D. (2012). Cartografía social como metodología participativa y colaborativa de investigación en el territorio afro descendiente de la cuenca alta del río Cauca. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 21(2), 59-73. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/25774/32863>

Wencomo, Hilda B, & Lugo, Yudith. (2013). Rendimiento de materia seca y otros componentes en *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham con el uso del Liplant. *Pastos y Forrajes*, 36(1), 43-49. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000100004&lng=es&tlng=es.

10. ANEXOS

Anexo 1. Asistencia de socialización.

Asegúrese que se encuentre utilizando la versión actualizada de este registro. Consulte en <http://calidad.unad.edu.co>

REGISTRO DE ASISTENCIA A ENCUENTRO TUTORIAL Y DE ASESORIA ACADÉMICA

Higianización de Peces Hidropo- conchas de Corral PT. Sábana y L. Colombia en PTAP

1. ENCUENTRO TUTORIAL:	RECONOCIMIENTO A EN CUANTO		RECONOCIMIENTO A PEQUEÑO ASESORIA INDIVIDUAL		2. CÉDULAS CCAV/ CERS		3. FECHA		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
4. CURSO	5. CÓDIGO		6. DOCENTE		7. FASE DE APRENDIZAJE:				
ING. Ambiental.					31-09-2017				
7. FASE DE APRENDIZAJE:		RECONOCIMIENTO		PROFUNDIZACIÓN		TRANSFERENCIA			
		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Nº	10. CÓDIGO	11. NOMBRES	12. APELLIDOS	13. PROGRAMAS ACADÉMICOS	14. ST. CIV	15. CORREO ELECTRONICO	TELEFONO DE CONTACTO	16. PRODUCTO ENTREGADO	17. FIRMA
1	6189734	Enrique Ribaño	Esquivel Arzate						
2	31.656.379	José Fernando	Soto Aronche						
3	6189781	Rafael	Carloze Rave						
4	6189649	Manuel Esteban	Reyes Escobar	Facultad de Ingeniería			3155110589		
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

Fotografía: Los autores (2017).

Anexo 2. Encuesta pre.

ENCUESTA SOBRE HIGIENIZACION DE RESIDUO BIOLÓGICO CONCHAS DE CARACOLES
Melanoides tuberculata y *Lymnaea columella* PRESENTE EN LA PLANTA DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CORREGIMIENTO EL VÍNCULO MUNICIPIO
DE BUGA (VALLE DEL CAUCA)

Datos del Encuestado

Nombre: Luz Fernanda Soto Acciari

Institución: Asuacovi

Cargo: Teórica

Teléfono: 3185191308 - 2559207

E-mail: accari@gmail.com

Preguntas¹

1. ¿Conoce usted la problemática actual sobre la presencia de caracoles *M. tuberculata* y *L. columella* en PTAP del corregimiento el vínculo municipio de Buga (Valle del Cauca)?

SI NO

2. ¿Conoce usted que se está haciendo para manejar esta problemática?

SI NO

En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar

3. ¿Usted conoce la disposición final de los residuos de caracoles *M. tuberculata* y *L. columella* en la PTAP?

SI NO

4. ¿Sabe que es el Proceso de Compostaje?

SI NO

En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar

5. ¿Conoce los beneficios del Proceso de Compostaje?

SI NO

En caso que su respuesta sea SI, favor argumentar

¹ Realizado por Fenibal Galindo y Vivian Andrea Bolaños, estudiantes Ing. Ambiental, Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD

Fotografía: Los autores (2017).

Anexo 3. Encuesta post.

RIS

ENCUESTA SOBRE HIGIENIZACION DE RESIDUO BIOLÓGICO CONCHAS DE CARACOLES
Melanoides tuberculata y *Lymnaea columella* PRESENTE EN LA PLANTA DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CORREGIMIENTO EL VÍNCULO MUNICIPIO
DE BUGA (VALLE DEL CAUCA)

Datos del Encuestado

Nombre: Carlos Alberto Bizarano Azcorate

Institución: ASUCOVI

Cargo: Fontanero

Teléfono: 315 646 33-09

E-mail: _____

Preguntas¹

1. ¿Conoce usted la problemática actual sobre la presencia de caracoles *M. tuberculata* y *L. columella* en PTAP del corregimiento el vínculo municipio de Buga (Valle del Cauca)?

SI NO

2. ¿Conoce usted que se está haciendo para manejar esta problemática?

SI NO

En caso que su respuesta sea Si, favor argumentar

Uso de cloro de sodio

3. ¿Usted conoce la disposición final de los residuos de caracoles *M. tuberculata* y *L. columella* en la PTAP?

SI NO

4. ¿Sabe que es el Proceso de Compostaje?

SI NO

En caso que su respuesta sea Si, favor argumentar

Compostaje

5. ¿Conoce los beneficios del Proceso de Compostaje?

SI NO

En caso que su respuesta sea Si, favor argumentar

Un abono que aporta nutrientes al suelo

¹ Realizado por Feribál Galindo y Vivian Andrea Bolaños, estudiantes Ing. Ambiental, Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD

Fotografía: Los autores (2017)

Anexo 4. Análisis de Varianza ANDEVA para las 16 semanas del compostaje. Variable Temperatura, Semana 4.

```

Sistema SAS          11:15 Friday, June 12, 2009 5
Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: SEM4

Fuente              DF          Suma de          Cuadrado de          F-Valor    Pr > F
                   DF          cuadrados          la media
Modelo              2          221.4742167      110.7371083      25.30      0.0002
Error               9          39.3989500       4.3776611
Total corregido    11          260.8731667

R-cuadrado          Coef Var          Raíz MSE          SEM4 Media
0.848973            4.134272          2.092286          50.60833

Fuente              DF          Anova SS          Cuadrado de          F-Valor    Pr > F
                   DF          SS          la media
TTO                 2          221.4742167      110.7371083      25.30      0.0002
    
```

Fuente: Datos de salida del programa SAS versión 9.2

Anexo 5. Prueba de promedio de DUNCAN ($P > 0.05$) para la variable Temperatura, Semana 4.

```

Sistema SAS          11:15 Friday, June 12, 2009 21
Procedimiento ANOVA

Prueba del rango múltiple de Duncan para SEM4

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error
rate.

Alpha              0.05
Error Degrees of Freedom 9
Error de cuadrado medio 4.377661

Número de medias   2          3
Rango crítico      3.347     3.498

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento  Media    N    TTO
A                   56.360   4    T2
B                   49.428   4    T1
C                   46.038   4    T3
    
```

Fuente: Datos de salida del programa SAS versión 9.2