

Universidad de Pamplona



Análisis de la transformación de la pulpa de café (*Coffea arábica* L.) en materia orgánica en las condiciones agroclimáticas de la Granja Blonay del Comité de Norte de Santander de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

Yuri Marcela Gamboa Tijaro

Programa de Ingeniería Agronómica

12 Julio de 2024

Universidad de Pamplona



Análisis de la transformación de la pulpa de café (*Coffea arábica* L.) en materia orgánica en las condiciones agroclimáticas de la Granja Blonay del Comité de Norte de Santander de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

Trabajo de grado bajo la modalidad de Práctica Empresarial, presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Yuri Marcela Gamboa Tijaro
1007646486

Director Académico
Yamit Gregorio García Carvajal
Ingeniero Agrónomo

Programa de Ingeniería Agronómica
12 Julio 2024

Tabla de Contenido

Introducción	6
1. Justificación	8
2. Objetivos.....	10
2.1 Objetivo general	10
2.2 Objetivos específicos.....	10
3. Marco teórico.	11
3.1 Antecedentes.....	11
4. Marco contextual.....	14
4.1. Departamento de Norte de Santander.....	14
4.2 Municipio de Chinácota.	15
4.3 Federación Nacional de Cafeteros	16
4.4 Granja Blonay	16
5. Bases conceptuales.....	18
5.1 Morfología del Café	18
5.1.2 Raíz	19
5.1.3 Hojas	19
5.1.4 Flores.....	19
5.1.5 Fruto.....	20
5.2 Condiciones ambientales del cultivo café	23
5.3 Agricultura orgánica	23
5.4 Materia orgánica.....	24
5.5 Conservación de suelos	24
6. Marco legal.....	26
Artículo 35. Definición de trabajo de grado.....	26
Artículo 36. Modalidades de Trabajo de Grado.	26

7. Metodología	30
7.1 Área de estudio.....	30
7.2 Materiales	30
7.3 Método de campo	31
7.4 Variables y Medición.....	33
8. Resultados	34
9. Discusión.....	39
10. Conclusiones	40
10. Recomendaciones.....	41
11. Referencias Bibliográficas.....	41

Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación Taxonómica del café.

Tabla 2: Relación de los testigos y tratamientos de cada una de las pilas de pulpa de café.

Tabla 3: Peso en kg de la pulpa inicial y la pulpa a 9 meses, con sus porcentajes de perdidas.

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa de Colombia, Departamento de Norte de Santander. Autor: Instituto Geográfico Agustín Codazzi 2019.

Figura 2. Municipio de Chinácota. Autor Milenioscuro 2012.

Figura 3. Gráfico de la variable humedad % para los testigos y tratamientos durante 9 meses.

Figura 4. Gráfico de la variable potencial de hidrógeno para los testigos.

Figura 5. Gráfico de la variable temperatura T° para los testigos y tratamientos durante 9 meses.

Lista de Anexos

- A. Lugar donde se realizó el almacenamiento de las pilas de pulpa de café.
- B. Pilas de los tratamientos y control.
- C. Toma de muestras de la variable pH con tiras de papel tornasol.
- D. Toma de muestra de la variable temperatura y humedad.
- E. Tabla de las muestras tomadas en las pilas de café
- F. Peso final de la materia orgánica de la pulpa de café (tratamiento 1)

Agradecimientos

En la culminación de este importante proyecto, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han contribuido de manera significativa a su realización.

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, fuente de sabiduría e inspiración, por guiar mis pasos a lo largo de este camino y por brindarme la fortaleza y la perseverancia para alcanzar mis metas.

A mis padres, Pedro Gamboa Castellanos y Celena Tijaro Barbosa, gracias por su amor incondicional, apoyo inquebrantable y por creer en mí desde siempre. Sus palabras de aliento y su constante presencia han sido mi mayor motivación para seguir adelante.

A mi tutor de tesis, Yamit Gregorio García Carvajal, agradezco su invaluable guía y mentoría. Sus conocimientos, experiencia y paciencia han sido fundamentales para el desarrollo y la culminación de este trabajo.

Introducción

La producción de café es una actividad de gran importancia en Colombia, tal como lo demuestran las cifras del primer trimestre de 2021, en este periodo el PIB del sector cafetero creció un 21,4%, esto representó un crecimiento de 3,3% del PIB agropecuario (Federación Nacional de Cafeteros, 2021). No obstante, es una actividad que genera residuos como lo es la pulpa una de la más representativa. La pulpa de café es el residuo que queda después del despulpado de los granos de café para su procesamiento, este material es de origen vegetal el cual contiene una gran cantidad de nutrientes, estos pueden ser aprovechados para la producción de abono orgánico, el cual es un fertilizante natural que tiene una serie de beneficios ambientales y económicos (Bravo y Córdoba, 2023).

La pulpa del café es usada como humus, donde los elementos químicos con mayor presencia en este son el K, Ca y P, esto en la pulpa en los mismos granos, además también contienen Mg, S, Fe y B, por lo cual estos nutrientes son liberados en el suelo al ser liberados gradualmente en el suelo como materia orgánica, por lo tanto se encontraran a disposición de la planta durante un periodo de tiempo prolongado, lo cual es una ventajas en comparación con los fertilizantes químicos, que pueden liberarse rápidamente en el suelo y luego son arrastrados por el agua o las raíces de las plantas (Ludeña y Saavedra, 2020).

Se ha demostrado que la aplicación de materia orgánica como lo son los abonos verdes y fertilizantes orgánicos, esta tiene un impacto positivo en del suelo, estos productos naturales proporcionan nutrientes a las plantas y ayuda a mejorar la salud del suelo. Los microorganismos presenten en el suelo utilizan nutrientes de materia orgánica para descomponer la materia orgánica y así liberar los nutrientes que se encuentran disponibles en las plantas, la fertilización orgánica también proporciona estimulantes del crecimiento los cuales ayudan a las plantas a resistir condiciones adversas. Además, ayudan aumentar el equilibrio biológico del suelo al proporcionar un hábitat para los microorganismos beneficiosos estos ayudan a prevenir el crecimiento de los microorganismos dañinos en el suelo (Pham et al., 2020).

1. Justificación

El café es uno de los principales productos de exportación en el país, generando millones de empleos directos e indirectos, representando así el eslabón muy importante en la economía regional y nacional. Por lo tanto, es importante buscar alternativas para mejorar la productividad y rentabilidad de esta actividad, así también se busca reducir la contaminación proceso de su transformación.

La pulpa del café contiene cantidades significativas de cafeína y esta representa un 1.3% del peso seco, esta es rica en carbohidratos, proteínas, pectinas, compuestos que son bioactivos como lo son los polifenoles, estas propiedades convierten la pulpa en una fuente potencial para la agro industrialización y son los recursos renovables económicos que se les puede dar un valor agregado (Torres et al., 2019). La mayor parte de los caficultores desconocen estas propiedades, y sobre el manejo de los desechos de la producción del café, la forma como afectan la pulpa en las fuentes hídricas en los campos abiertos, lo cual trae consigo unos efectos contaminantes. La pulpa del café es un residuo abundante en las fincas de los agricultores, esta cuenta con contenidos de nutrientes, por lo cual su reutilización como un abono orgánico puede contribuir a mejorar la fertilidad de los suelos, así mismo a darle un buen uso a un subproducto del café que es poco apreciable.

La pulpa y el mucilago son los residuos principales del café, si no se da un adecuado manejo pueden causar contaminaciones ambientales, estos se componen principalmente de materia orgánica, la cual puede quedar en suspensión en el agua o disolverse, cuando esto pasa el material orgánico se consume el oxígeno en el agua, lo cual puede causar la muerte de los organismos acuáticos debido a la falta del oxígeno. en los suelos estos dos pueden intoxicar a los artrópodos y microorganismos, esto es causado por sus contenidos de fenoles y polifenoles los cuales son tóxicos, sin embargo, a estos residuos se les puede dar una alternativa de uso para resolver estos efectos negativos que generan sobre el ambiente (Marín, 2020), un buen uso de este subproducto seria el abono orgánico que los caficultores podrían usar en sus fincas para sus cultivos, por esto el presente trabajo busca

fortalecer los conocimientos sobre el potencial de la pulpa de café como abono orgánico, donde los resultados podrán ser utilizados para poder apoyar la adopción de prácticas de manejo, buscando que sean sostenibles esto con los residuos de la producción del café.

La Granja Blonay es un lugar con un escenario ideal para el desarrollo de esta investigación, gracias a su trayectoria como centro de intercambio de conocimientos para caficultores y estudiantes. Gracias la Federación Nacional de Cafeteros quienes representan a los caficultores colombianos quienes desarrollan y promueve tecnologías e innovaciones para mejorar la productividad, la calidad del café y la sostenibilidad de la caficultura, sumada a las condiciones agroclimatológicas propicias para el compostaje de la pulpa de café, convirtieron a este lugar en el escenario perfecto para llevar a cabo el estudio.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar la transformación de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.) en materia orgánica en las condiciones agroclimáticas de la Granja Blonay del Comité de Norte de Santander de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

2.2 Objetivos específicos.

- Estimar los cambios en las variables humedad, pH y temperatura en cada uno de los volteos semanales.
- Establecer la viabilidad económica de la transformación de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.) en materia orgánica.

3. Marco teórico.

3.1 Antecedentes

Dadi, D., Daba, G., Beyene, A., Luis, P., & Van der Bruggen, B. (2019). Composting and co-composting of coffee husk and pulp with source-separated municipal solid waste: a breakthrough in valorization of coffee waste. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8, 263-277, el propósito de esta investigación fue conocer el potencial de compostaje y co-compostaje de la cáscara y pulpa de café con residuos sólidos municipales separados (SSMSW), la pulpa y la cascara se mezclaron de forma independiente con los residuos sólidos esto en proporciones (0, 33, 55 y 100%) y se compostaron por triplicado con un total de 24 pilas de compostaje, en cada uno de los compost se analizaron los diferentes parámetros fisicoquímicos como la humedad, densidad aparente, pH, contenido de materia orgánica, contenido de nitrógeno total, de fosforo y potasio, además se analizó el rendimiento y crecimiento de semillas de repollo con cada uno de los compost, se pudo demostrar que los dos subproductos de café de pueden transformar en compost ya sea solo o en conjunto de los residuos sólidos como frutas, verduras y otros materiales vegetales. Los resultados de este estudio demostraron que la composición de cascara y pula de café con SSMSW es una estrategia viable para la producción de abono.

Werako Endale & Tadele Debele. (2018). Composting of Coffee Husk and Pulp with Other Organic Wastes as a means of Solid Waste Management. Este estudio se realizó con el compostaje en hileras de cascarilla y pulpa de café con otros residuos orgánicos disponibles, se utilizaron seis tratamientos durante 90 días, se utilizó un diseño de bloques al azar, se midieron variables fisicoquímicas como temperatura, pH y conductividad eléctrica, contenido de humedad y materia seca, materia orgánica y carbono orgánico, nitrógeno y fosforo disponible, se

evidencio que el tratamiento 4 el cual estaba compuesto por residuos de café, estiércol de vaca y desechos de Khat (garaba) fue el mejor de los tratamientos por sus contenidos máximos de macronutrientes así como de materia orgánica, carbono orgánico y cada uno de las variables necesarias. Por ello se recomendó que la aplicación de residuos de café con otros desechos puede considerarse como un buen abono.

Moreno Clavijo, N., & Romero Jiménez, A. A. (2016). Evaluación de diferentes métodos para la transformación de la pulpa de café en abono orgánico en fincas cafeteras. Este trabajo se realizó en la Universidad de Manizales en Colombia, donde su objetivo principal fue valorar diferentes métodos para la transformación de la pulpa de café en abono orgánico y así determinar para los diferentes métodos, el tiempo, el rendimiento del proceso y la calidad nutricional del subproducto como fertilizante final. Se evaluaron cinco tratamientos con el proceso de compostaje y 1 tratamiento con lombricomposta, donde se demostró que los tratamientos que fueron inoculados con levaduras y aguas mieles, presentaron los mejores rendimientos en la obtención de abono orgánico, con un rendimiento en base seca de 50,16% y 40,32%, respectivamente.

Imbacuan, E., & Valencia Hurtado, L. M. (2021). Alternativas para el manejo del residuo de pulpa de café mediante proceso de compostaje en la Vereda el bosque–municipio Yotoco. El objetivo principal de este proyecto fue la evaluación de distintas alternativas para el manejo del residuo de pulpa de café mediante el proceso compostaje, se evaluaron tres tratamientos con pulpa de café al 100%, pulpa de café al 75% más residuos orgánicos 25%(pollinaza) y pulpa de café 50% más residuo orgánico 50% (vástagos de plátano), donde cada uno tuvo tres repeticiones y se usó diferentes proporciones de pulpa de café, a estos tratamientos se les hizo un seguimiento de las variables fisicoquímicas como la temperatura, el pH, humedad, relación C/N, así como también el factor social. Estas pilas se les realizó volteos semanalmente, donde se demostró que el tratamiento de pulpa de café 50% más residuo orgánico 50% (vástagos de plátano) es la mejor alternativa para el manejo de la pulpa de café mediante el proceso de compostaje en la vereda El Bosque, donde se produjo un abono de gran calidad con un contenido de nutrientes del 20%.

Vargas Cala, J. M., & Aguilar Díaz, K. P. (2023). Aprovechamiento de la pulpa de café para la producción de hongos *Pleurotus ostreatus* en mezclas con otros subproductos agrícolas como aserrín de madera y bagazo de caña. Este trabajo tuvo como objetivo identificar el potencial de la pulpa de café para la producción de hongos *Pleurotus ostreatus* en mezclas con otros subproductos agrícolas como aserrín de madera y bagazo de caña. Donde se evaluaron tres tratamientos como lo fue el bagazo de caña 100%, bagazo 50% aserrín 25% pulpa de café 25% y por último pulpa de café 50% bagazo 25% aserrín 25%, se evidencio que el mejor rendimiento de los hongos fue en los tratamientos que contenían la Pulpa de café, y el tratamiento con mayor número de primordios fue en el que la pulpa de café estuvo en el 50%, demostrando así la eficiencia del uso de este residuo del café.

Delgado, D. F. F., & Asensio, E. R. (2018). Uso del ensilaje de pulpa de café en alimentación animal. Mundo Fesc, 8(15), 73-82. El estudio analiza el uso del ensilaje de pulpa de café como alternativa nutricional, económica y ambientalmente viable en la producción pecuaria. Se revisan estudios sobre la composición nutricional, proceso de ensilaje, efectos en la producción animal y aspectos económicos y ambientales del uso de la pulpa de café ensilada en la alimentación de ganado vacuno, porcino, ovino, aves y peces. La pulpa de café ensilada es una fuente rica en energía, proteína, fibra y minerales, con un contenido reducido de cafeína y polifenoles debido a la fermentación. Se ha demostrado que su inclusión en la dieta de animales rumiantes como vacas lecheras y de engorde puede mejorar la producción de leche y carne sin afectar negativamente su salud. En monogástricos como cerdos, aves y peces, se ha observado un efecto positivo en el crecimiento y la conversión alimenticia. Además, el uso de la pulpa de café ensilada reduce los costos de alimentación y contribuye al manejo sostenible de los residuos de la agroindustria cafetalera. El ensilaje de pulpa de café se presenta como una alternativa viable para la alimentación animal, ofreciendo beneficios nutricionales, económicos y ambientales para la producción pecuaria.

4. Marco contextual

4.1. Departamento de Norte de Santander.



Figura 1. Mapa de Colombia, Departamento de Norte de Santander. Autor: Instituto Geográfico Agustín Codazzi 2019.

Se localiza en el Noreste del país, haciendo parte de la región Andina. Cuenta con una superficie 22.130 Km²; Norte de Santander limita por el Norte y Este con la República Bolivariana de Venezuela, al Sur con los departamentos de Boyacá (franja de territorio en litigio) y Santander (franja de territorio en litigio) y al Oeste con los departamentos de Santander y Cesar. (Martínez, 2019) Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, el 6,5% del departamento (141.100 hectáreas) alberga suelos netamente productivos, porcentaje en donde las autoridades deben centralizar sus esfuerzos para garantizar la seguridad alimentaria del departamento (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2019).

En el departamento de Norte de Santander de los 40 municipios 36 se dedican al cultivo de café. El cultivo de café en Colombia tiene una historia de más de unos 200 años, donde se conoce que el departamento de Santander se considera la cuna del café en Colombia, debido a que fue el primer sitio donde se conoce que se cultivó café a escala comercial, en el siglo XIX el cultivo de café se expandió a los demás departamentos del país, y se conoce que en el siglo XX se convirtió en un producto primordial dentro de las actividades económicas de Colombia, el café se exportó a grandes cantidades, especialmente en Estados Unidos, Alemania y la Unión Europea (Arenas. 2021).

4.2 Municipio de Chinácota.



Figura 2. Municipio de Chinácota. Autor Milenioscuro 2012.

El municipio cuenta con un poco más de 17.263 habitantes, este se encuentra localizado al suroriente del departamento de Norte de Santander, el cual dista de 45 kilómetros de Cúcuta. Se conoce que, con sus dos centros poblados, la Donjuana, Nuevo Diamante y 23 veredas más, son las encargadas de sustentar la economía en el turismo especialmente de fin de semana, la agricultura y la minería de carbón (Alcaldía de Chinácota, 2020).

4.3 Federación Nacional de Cafeteros

La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC) es una organización sin ánimo de lucro la cual representa a los caficultores de Colombia. Fundada en 1927 con el propósito de asegurar el bienestar de los caficultores. La FNC apoya a los caficultores de diversas formas como la educación, donde se ofrecen varios programas de educación en mejoramiento de prácticas de cultivo, asistencia técnica, nuevos conocimientos, información sobre el mercado del café y asesoría para acceder al crédito. La FNC creó el Centro de Investigación del café conocido como CENICAFE en 1983, Cenicafe es un centro de investigación que desarrolla nuevas tecnologías para un buen mejoramiento de la producción de café de calidad. Otro papel de gran importancia de esta organización es la promoción del café colombiano en el mercado internacional (Sanabria y Moreno,2020).

4.4 Granja Blonay

La Granja Blonay está ubicada a los 7° 34' N y 72° 37' W, con una altura sobre el nivel de 1250msnm, en la vereda Urengue Blonay en Chinácota, cuenta con una temperatura media anual de 20,5°C y una máxima de 26,5°C; humedad relativa de 83,5%; precipitación total anual de 1.460 mm, 186 días con lluvia; brillo solar anual de 1.289 horas, En la región se presentan dos períodos secos, uno de diciembre a marzo y otro de junio a septiembre. En el primer período seco se presenta una deficiencia hídrica para el café de 352 mm y en el segundo una de 265 mm (Valencia y Gonzales.,2020)

Se conoce que, en el año 1932, la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia adquirió un predio agrícola en el municipio de Chinácota (Norte de Santander), el cual se llamaba “las Mercedes”. El predio cuenta con 175 hectáreas, esta se encuentra ubicada en la vereda Urengue Blonay, cuenta con una altitud de

1200 y 1800 metros sobre el nivel del mar. La Federación obtuvo este predio con el fin de poder replicar ensayos de cultivo de café desarrollados por el centro de investigación de la Federación, CENICAFE. Por lo cual se estableció una estación experimental donde se llevó a cabo investigaciones sobre las diferentes variables del cultivo de café, como lo son las selecciones de las variedades, la fertilización, la poda y la cosecha.

De otra parte, la Granja también es usada para la capacitación de los caficultores, donde se realizan cursos y talleres el cual busca enseñar a los caficultores las mejores prácticas para el cultivo de café, la Granja cuenta con 8,2 hectáreas sembradas en café, de las cuales el 50% están dedicadas a proyectos de investigación y el otro 50% para la producción comercial. Los proyectos que se realizan en la Granja Blonay van de la mano con Cenicafe, se encuentran 8 lotes de café de las variedades Castillo y Cenicafe 1 los cuales están sembrados en diferentes densidades de siembras y cuentan con más de 7 años de edad las plantas a estas se les recoge dos cosechas en el año una principal y otra con una producción más baja conocida como mitaca o traviesa, en algunos de estos lotes ya se realizó renovación por zona en el 2022 y otro de progenies el cual su renovación se realizó por siembra en el 2023, todas las practicas que se realizan a los cafetales son de forma manual, con una fertilización por año con riego natural, los cultivos cuentan con diferentes tipos de forestales tales como la Tephrosia (*Tephrosia purpurea*), Carbonero (*Calliandra trinervia*) y Cedro (*Cedrela odorata* L.), entre otros, las investigaciones que se realizan en la Granja tienen como objetivos desarrollar tecnologías propias para el aprovechamiento de la región, esto en prácticas de como las de densidad de siembra, fertilización, manejo de sistemas agroforestales, la implementación de variedades de café con resistencia a roya y la generación de transferencia (Rincón y Molina, 2020).

5. Bases conceptuales.

5.1 Morfología del Café

El café se le conoce a una bebida que se puede obtener a partir de los frutos de la planta de café, el cual es perteneciente a la familia de las Rubiáceas. Esta familia se conoce por ser la más grande del orden Gentianales, la cual cuenta con más de 500 géneros y más de 6.000 especies. El género *Coffea* es el de mayor importancia económica dentro de la familia de las Rubiáceas. La especie de café más importante a nivel comercial es *Coffea arabica* L. esta especie es la más popular del mundo, la cual se caracteriza por su sabor suave y delicado, La especie *Coffea canephora* conocida como robusta, es una especie con un sabor más intenso y amargo (Muñoz y Muñoz,2020).

Tabla 1. Clasificación Taxonómica del café

Clasificación Taxonómica del Café	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Orden	Gentianales
Familia	Rubiaceae
Subfamilia	Ixoroidae
Tribu	Coffeeae
Género	<i>Coffea</i>
Especie	<i>Coffea arabica</i> L.

Lozano (2023).

5.1.2 Raíz

El sistema radicular es el órgano encargado del crecimiento, esta proporciona soporte, agua y nutrientes a la planta, El sistema radicular del café está compuesto por una raíz principal, raíces laterales y raíces terciarias. La raíz principal es la más gruesa y esta penetra verticalmente en el suelo a una profundidad de al menos 50 centímetros. Las raíces laterales se extienden horizontalmente desde la raíz principal y ayudan a anclar la planta. Las raíces terciarias son más finas y se encuentran en la superficie del suelo. Son encargadas de la absorción del agua y nutrientes (Muñoz y Muñoz,2020).

5.1.3 Hojas

Las hojas se conocen por tener una forma elíptica o lanceolada, esta presenta una lámina de dimensiones de 12 a 24cm de largo y 5 a 12 cm de su ancho, estas dimensiones y tamaños van variar dependiendo del material genético y de las condiciones de sombrero o luminosidad a la que la hoja se encuentre expuesta (Molina y Tumay, 2021).

5.1.4 Flores

El café se reproduce mediante sus flores las cuales son hermafroditas, estas son de un color blanco o rosáceo y su olor es profundo. La posición de las flores es en las axilas de las hojas, la fecundación cruzada se conoce como la más efectiva que la autopolinización, en la especie arábica la fecundación puede ocurrir de forma auto polinizada, en la robusta la fecundación es cruzada lo cual requiere más participación de los insectos polinizadores (Villafuerte, 2023).

5.1.5 Fruto

El fruto del cafeto es una drupa el cual tiene una apariencia similar a una pequeña cereza. Al principio es verde, pero a medida que madura se vuelve rojo. El fruto este compuesto por dos semillas, las cerezas del café son de color rojo brillantes cuando ya están maduros, miden aproximadamente 1,5 cm de largo, en el interior del fruto del café encontramos dos semillas, las cuales son la parte que se usa para la producción del café. Las semillas están cubiertas por una membrana transparente que se le conoce como pergamino, cada semilla tiene un núcleo el cual contiene el embrión, esta es la parte germinativa de la planta (Baque, 2023).

5.1.5.1 Estructura del fruto del café

La cereza del café está dividida en dos partes el pericarpio el cual compone tres capas externas de la fruta que son el exocarpio (piel externa), mesocarpio (mucilago) y el endocarpio (pergamino). La otra parte que lo conforma es la semillas la cual consta de una película plateada, endospermo y el embrión (Paula., 2020).

Endospermo o semilla: cada fruto de café tiene en su interior dos semillas, estas suelen tener una consistencia dura y con un color verdoso o amarillento, el contenido químico en el endospermo es de gran importancia debido a que este es el indicador del sabor y aroma del café ya tostado.

Tegumento o piel plateada: es la capa externa encargada de cubrir la semilla, esta piel plateada en el momento de pretostado continúan residuos de esta capa en el grano y es desprendida durante el tostado de café.

Pergamino o endocarpio: esta es la capa más interna del pericarpio y es la encargada de envolver el grano de café. Esta capa se desprende de la semilla en el descascarillado.

Mesocarpio o mucilago: es la pulpa del fruto de café, este es blanco a crema, tiene una sustancia viscosa y pegajosa (mucilago) la cual esta adherida al endocarpio, este constituido por azúcares y sustancias pépticas están dan la propiedad de la formación de un hidrogel el cual es un inconveniente en el lavado del grano (Guerra y Rueda, 2021).

Epicarpio o piel externa: esta es la cascara del fruto, es la capa más externa de la cereza del café, el color de esta al inicio es verde, ya en la maduración puede ser roja o amarilla esto dependiendo de la variedad de café.

5.1.5.2 Proceso de beneficio del fruto

La calidad del café de Colombia se obtiene de las variedades de la especie *arábica*, esta combinación del ambiente (suelo y clima); los frutos una vez que son recolectados se les realiza el proceso de transformación para poder obtener el café pergamino seco, este proceso cuenta con tres etapas básicas, el despulpado seguido de la eliminación del mucilago y el secado, este proceso es de gran influencia en la calidad del grano (Peñuela y Sanz, 2021).

5.1.5.3 Despulpado

Es la primera etapa del beneficio húmedo donde el fruto pasa por una transformación, la eliminación de la piel del exterior, la pulpa carnosa, mediante la separación de la pulpa de la almendra. El despulpado de las cerezas de café este debe hacerse sin la adición de agua ya que el fruto contiene la suficiente para pasar por la máquina, la almendra debe quedar libre de la pulpa o cascara, esta labor se puede realizar de manera mecánica o manual (Muñoz y Muñoz, 2020).

5.1.5.4 Eliminación del mucilago

El mucilago no se desprende del grano por sí solo, por lo cual se debe hacer un lavado para facilitar la remoción, esto se puede lograr por medio de la fermentación natural, con el adicionado de enzimas pectolíticas a la masa del café despulpado que aceleran el proceso, empleando sustancias químicas o mediante fricción a los granos por medio de un desmucilaginador mecánico, el propósito de estas prácticas es poder remover todo el mucilago del pergamino y aquellas sustancias solubles que se forman durante la fermentación, el grano debe quedar con un pergamino limpio, áspero y blanco, sin restos de miel ni defectuoso, la fermentación ocurre cuando los granos se colocan en tanques y se dejan allí hasta que el mucilago se descomponga (Torres,2020)

5.1.5.5 Secado

Esta etapa es importante debido que esta influye en la calidad del café, ya que esta busca disminuir la cantidad de humedad del grano y a su vez va a reducir su actividad fisiológica y la de microorganismos que deterioran sus atributos, para este proceso existen dos métodos uno es el natural el cual consiste en aprovechar la energía solar y el aire del ambiente, o de manera mecánica donde se usa un ventilador para poder pasar aire caliente a través de la capa del café (Peñuela y Sanz, 2021).

5.1.5.6 Subproductos y aguas residuales del café

La pulpa es una es una fuente de fibras y azúcares, esta genera malos olores y atrae a plagas, cuando el proceso de despulpado se lleva a cabo en seco esta puede reducir hasta la mitad de su peso, sin embargo, las aguas que son escurridas durante

el transporte de la pulpa pueden contaminar las fuentes hídricas, la pulpa constituye el 73,7% de contaminante. El mucilago fermentado es una fuente de azúcares y ácidos este puede producir malos olores y generar contaminación, el 80% de los componentes del mucilago fermentado son solubles en agua, lo cual puede llevar a contaminar fuentes hídricas si no se les brinda un adecuado manejo, este constituye el 26,3% de los contaminantes restantes. Las aguas que son usadas en el proceso del beneficio del café tienen una alta acidez, concentraciones altas de materia orgánica, también contiene sólidos suspendidos que están conformados principalmente por pectina y proto pectinas, demandas químicas altas del oxígeno y biológicas, se estima que de 15.000 a 30.000 ppm para las aguas mieles y para los lixiviados de 60.000 a 120.000 ppm, esto lo que se genera en la mezcla de la pulpa y mucilago, correspondiendo así a una contaminación bastante alta (Suarez y Trochez, 2023).

5.2 Condiciones ambientales del cultivo café

Como todas las plantas, el cultivo requiere unas condiciones ambientales adecuadas, para su desarrollo. La caficultura colombiana se desarrolla a lo largo de las cadenas montañosas de Colombia, según (Cenicafé, 2010) desde los 01°00' a 11°00' de latitud Norte y oscila entre los 1.200 a los 1.800 msnm. Esta distribución geográfica se debe a que el café necesita condiciones climáticas específicas para su buen desarrollo, como temperaturas entre los 18° y 23° grados Celsius y unas precipitaciones de 1.500 a 2.200 milímetros por año.

5.3 Agricultura orgánica

La agricultura orgánica es aquel sistema de producción agrícola que se ha practicado desde tiempos antiguos. Este enfoque busca evitar y eliminar el uso de fertilizantes y pesticidas sintéticos, en su lugar se busca el uso de materiales y

recursos obtenidos del entorno, como los fertilizantes de materia orgánica o el control biológico, una parte fundamental es la rotación de los cultivos, la elaboración de los abonos orgánicos a bases de estiércol de animal o de residuos de cosecha, el uso de las herramientas de producción limpia y la aplicación de los abonos verdes, que son coberturas vegetales que aportan múltiples beneficios al suelo, el uso de los materiales orgánicos es de gran aprovechamiento (Bravo y Córdoba, 2023).

5.4 Materia orgánica

La materia orgánica del suelo (MOS), es una mezcla de restos de vegetales y animales, así como los productos de descomposición. Este también incluye los microorganismos, enzimas y sustancias húmicas. Esta materia es de gran importancia para el suelo, debido su contribución a su fertilidad, estructura y capacidad de la retención de agua, en general se puede decir que esta materia es producida originalmente por los organismos vivos (plantas o animales) que se devuelve al suelo y pasan por el proceso de descomposición, sustancias húmicas de síntesis de millones de organismos vivos: meso fauna, microfauna y microorganismos, los cuales se juntan con las enzimas, siendo las responsables de los innumerables procesos bioquímicos y biológicos que ocurren en el suelo. Los MOS incluyen restos de animales y plantas en varios estados de descomposición. En los bosques proviene de las hojas caídas, troncos de árboles muertos y de raíces de árboles. En las praderas la gran cantidad de materia orgánica viene de las raíces y de las hierbas. En las tierras de cultivo los residuos de las cosechas se añaden a la materia orgánica (Aguilar y Sumiru, 2019).

5.5 Conservación de suelos

La conservación de suelos es un conjunto de prácticas y técnicas que se utilizan para proteger y mejorar la calidad del suelo, donde se busca mantener o mejorar la productividad del suelo, cuidar la biodiversidad y el medio ambiente, y prevenir la degradación del suelo (Bravo y Córdoba, 2023).

6. Marco legal

La normativa establecida la Universidad de Pamplona existen leyes que respaldan las prácticas empresariales, como lo son:

Reglamento Estudiantil Académico (Acuerdo No.186 del 02 de diciembre de 2005). Por el cual compila y actualiza el Reglamento Académico Estudiantil de Pregrado.

(UNIPAMPLONA, 2022).

Artículo 35. Definición de trabajo de grado.

En el Plan de Estudios de los programas, la Universidad establece como requisito para la obtención del título profesional, la realización por parte del estudiante, de un trabajo especial que se denomina “TRABAJO DE GRADO”. (UNIPAMPLONA, 2022).

Artículo 36. Modalidades de Trabajo de Grado.

El Trabajo de Grado, puede desarrollarse en las siguientes modalidades:
Practica Empresarial: comprende el ejercicio de una labor profesional del estudiante en una empresa, durante un período de tiempo, Debra presentar al director de Departamento el anteproyecto, que debe contener: nombre de la empresa, descripción de las características de la empresa, objetivos de la práctica, tipo de práctica a desarrollar, tutor responsable de la práctica en la empresa, cronograma de la práctica, presupuesto (si los hubiere) y copia del convenio

interinstitucional Universidad – Empresa o carta de aceptación de la empresa (UNIPAMPLONA, 2022).

El Decreto-ley 2811 de 1974 Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente

Se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente. Este decreto es una ley colombiana que regula el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables, así como la protección del medio ambiente.

Uno de los aspectos más importantes de este decreto fue el reconocimiento del derecho a un ambiente sano como un derecho fundamental de los colombianos. Este reconocimiento fue un paso importante para la protección del medio ambiente, ya que dio a las autoridades públicas la obligación de garantizar este derecho.

DECRETO 3930 DE 2010 Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones

El Decreto 3930 de 2010 es un marco legal de gran importante para la protección, conservación y aprovechamiento del recurso hídrico en Colombia. Este decreto nos muestra las disposiciones claras y específicas sobre los usos del agua, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico. Estas disposiciones son necesarias para garantizar la disponibilidad de agua de calidad para las generaciones presentes y futuras.

DECRETO 1076 DE 2015 Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible

Este tiene como objetivo reglamentar la Ley 99 de 1993, la cual establece las normas generales para la buena protección, conservación y aprovechamiento del medio ambiente y de los recursos naturales renovables

El Decreto 1076 de 2015 es un marco legal importante para la protección, conservación, el aprovechamiento del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. El decreto establece las disposiciones claras y específicas sobre los principios y objetivos ambientales, los instrumentos de política ambiental, el Sistema Nacional Ambiental, las autoridades ambientales, los servicios públicos ambientales, la conservación de recursos naturales y la protección de la biodiversidad. Estas disposiciones son necesarias para garantizar la sostenibilidad ambiental del país.

Resolución 631 de 2015 Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones

Por el cual el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

La Resolución 631 de 2015 es un instrumento importante para la protección del recurso hídrico en Colombia. La resolución establece límites máximos permisibles para los contaminantes presentes en los vertimientos, lo que contribuye a prevenir la contaminación del recurso hídrico.

7. Metodología

7.1 Área de estudio

Lugar de compostaje, en la Granja Blonay se cuenta con una fosa o procesador de pulpa 3l cual esta seguido de la bodega de herramientas y cuenta con 4 compartimientos, este es un tipo de invernadero el cual fue fabricada en guadua y esterilla, esta se encuentra aislada del suelo, techada y con paredes envueltas en plástico, en una fosa se realizó seis cuadros en los cuales se les puso en el suelo plástico negro de polietileno.

En este estudio se utilizó un diseño experimental en bloques al azar, con un arreglo en tratamientos de 4 repeticiones.

7.2 Materiales

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes materiales.

- El procesador de pulpa de café se encuentra ubicado en las instalaciones de la Granja Blonay, el cual está construido en material conocido como guadua o cañaza este proviene de una planta conocida por su subfamilia el bambú de la familia de la Poáceas, este material es resistente y económico de encuentra en la misma Granja, este cuenta con una escala de 1:50 en vista lateral con dimensiones de 4x4 de cada fosa y una altura de 1,20m, el piso es en concreto y recubierto con guaduas y seguido de una geomembrana y una malla de plástico, tanto como las paredes y las columnas son de guadua, el procesador está cubierto en su techo y paredes con plástico transparente de polietileno.

- Para la toma de muestras de temperatura y humedad se utilizó un reloj termohigrómetro digital sonda temperatura y humedad, para medir el pH se utilizaron tiras de papel tornasol, peachimetro indicador metro strips.
- 82.4 kg de pulpa fresca de café provino de la despulpadora de la Granja Blonay la cual se encuentra en el proceso de beneficio del café.

7.3 Método de campo

En la Granja Blonay se utilizó una fosa de guadua para acomodar los tratamientos esta fosa está construida en guadua con un techo en plástico blanco transparente, allí se realizaron seis pequeños bloques para adicionar la pulpa en el cual se utilizó plástico negro de polietileno.

Se evaluaron 3 testigos y tres tratamientos con diferentes cantidades de pulpa de café (Tabla 2).

Tabla 2: Relación de los testigos y tratamientos de cada una de las pilas de pulpa de café.

Testigo: pulpa de café obtenida de la despulpadora de la Granja Blonay

Tratamiento: pulpa de café + lixiviados líquidos que suelta la materia orgánica de la pulpa de café.

Tabla 2: Relación de los testigos y tratamientos de cada una de las pilas de pulpa de café.

TESTIGO (KG)	TRATAMIENTO (KG)
1: Compostaje pulpa de café de 10.7kg pulpa	1: Compostaje pulpa de café 10.7kg pulpa + lixiviados
2: Compostaje pulpa de café 8.5 kg pulpa	2: Compostaje pulpa de café 8.5kg pulpa + lixiviados
3: Compostaje pulpa de café 22 kg pulpa	3: Compostaje pulpa de café 22 kg pulpa + lixiviados

Estos testigos y tratamientos se les realizó un tipo de camas con plástico negro de polietileno donde se realizaron unos cajones con guadua, se realizaron seis en el primer compartimiento del procesador de pulpa de café, a los testigos se les realizó una serie de agujeros en el fondo del plástico con el fin que los líquidos de la pulpa también llamados lixiviados se drenaran. Al tratamiento el plástico negro se revisó que no tuviera ningún tipo de agujero para que los líquidos no se drenaran y quedaran en la pulpa para posteriormente estos lixiviados ser mezclados en cada uno de los volteos semanales.

Para realizar la toma de las variables a las unidades experimentales, se tomó una muestra del centro de la unidad experimental de cada testigo y tratamiento, este proceso se realizó cada semana de los días martes después de las cuatro de la tarde.

Volteo pulpa de café

Se realizó un volteo a cada una de las pilas de pulpa de café cada 8 días los días martes después de las 4.00pm, igualmente esta se realizaba después que se median las variables, este proceso se realizaba con una pala con una cabeza pequeña, donde se volteaba la pila de forma que la parte inferior quedara en la parte superior de esta forma se le daba una buena aireación a cada una de las pilas.

7.4 Variables y Medición

Humedad y Temperatura

se utilizó un reloj termohigrómetro digital sonda temperatura y humedad, el cual se incrustaba en la mitad de cada una de las pilas y se esperaba 5 minutos para poder tomar la temperatura (T°) y el porcentaje de humedad, todo esto usando una metodología descrita y un análisis cuantitativo.

1. Inserción de la sonda: Se introduce la sonda del termohigrómetro digital en la mitad de cada una de las pilas.
2. Tiempo de espera: Se espera un lapso de 5 minutos para permitir que la sonda se aclimate a la temperatura interna de la pila.
3. Toma de lecturas: Una vez transcurridos los 5 minutos, se registran las lecturas de temperatura (T°) y porcentaje de humedad (%) que muestra el termohigrómetro digital.
4. Repetición: Se repiten los pasos 1 a 3 para cada una de las pilas que se deseen medir.

Potencial de hidrogeno (pH)

Para medir el pH se utilizaron tiras de papel tornasol peachimetro indicador metro strips, donde se tomaba una pequeña muestra de la pulpa y se llevaba a un recipiente con agua la cual se le tomo el potencial de hidrógeno (pH) para que no alterara el resultado, la muestra se mezclaba con el agua en forma de macerado seguido se mojaba la tira de papel tornasol, en los lixiviados se ponía una gota de agua y una gota de lixiviados y posteriormente de mojaba con una gota la tira de papel tornasol, se usó una metodología descrita con un análisis cualitativo.

8. Resultados

Resultados para la variable humedad

Para la medición de la humedad se obtuvieron los datos mostrados en la (Ver Figura 3) que representa la variabilidad del porcentaje de humedad para los testigos y tratamientos durante 9 semanas, donde se pudo observar que los testigos no se ven afectados por los tratamientos.

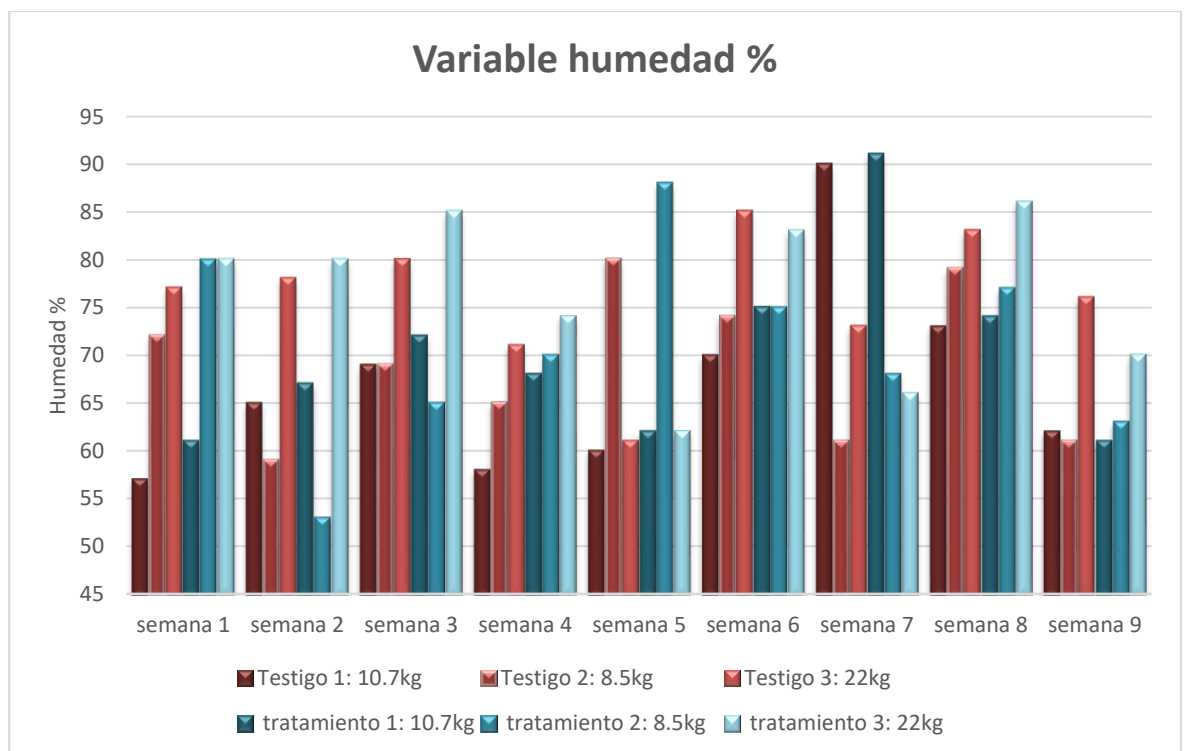


Figura 3. Gráfico de la variable humedad % para los testigos y tratamientos durante 9 meses. Notas: Yuri Marcela Gamboa Tijaro, 2024.

La humedad de las pilas de pulpa de café no tuvo diferencias significativas durante el estudio. Las pilas con menor concentración de café (Testigo 1 e 2 y Tratamiento 1 e 2) tuvieron una humedad final más baja que las pilas con mayor concentración de café (Testigo 3 y Tratamiento 3) la mayor concentración de pulpa de café parece tener un efecto positivo en la retención de humedad en la fase inicial.

Resultados para la variable pH

La diferencia de pH entre los tratamientos y los testigos es más notable en las primeras etapas del proceso de transformación los rangos variaron de 10 a 7 en el pH (Ver Figura 4). A medida que avanza el proceso, la diferencia se vuelve menos significativa.

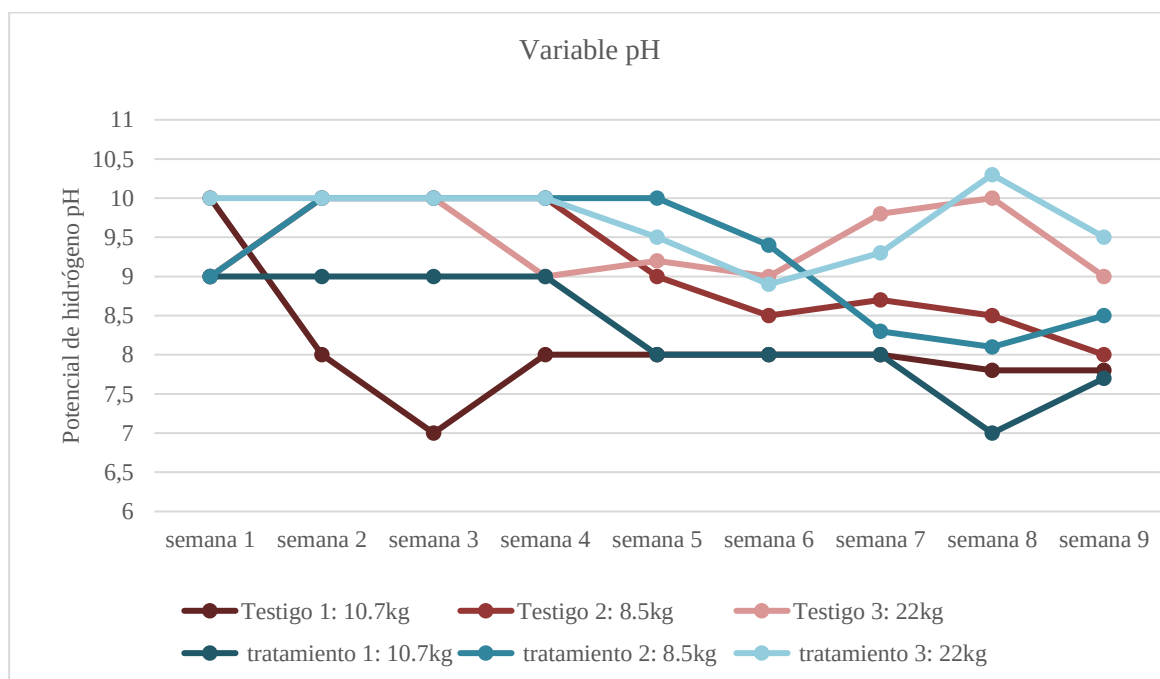


Figura 4. Gráfico de la variable potencial de hidrógeno para los testigos y tratamientos durante 9 meses. Notas: Yuri Marcela Gamboa Tijaro, 2024.

Los resultados mostraron que existe un efecto significativo de la concentración en el pH. Los análisis mostraron que las pilas con mayor concentración de café (Testigo 3 y Tratamiento 3) tenían un pH significativamente más alto que las pilas con menor concentración de café (Testigo 1, Testigo 2 y Tratamiento 1 e 2). No se observaron diferencias significativas en el pH entre las pilas con la misma concentración de café.

Resultados para la variable temperatura T°

Temperatura

La concentración de café tiene un efecto significativo en la temperatura de las pilas de pulpa de café los rangos fueron de 44° a 24,5°. Las pilas con mayor concentración de café tuvieron temperaturas más altas que las pilas con menor concentración de café (Ver Figura 5). Esto puede explicarse por el hecho de que el café es una fuente de energía para los microorganismos que descomponen la materia orgánica. Cuando se añade más café a una pila, aumenta la cantidad de energía disponible para los microorganismos, lo que hace que la temperatura de la pila aumente.

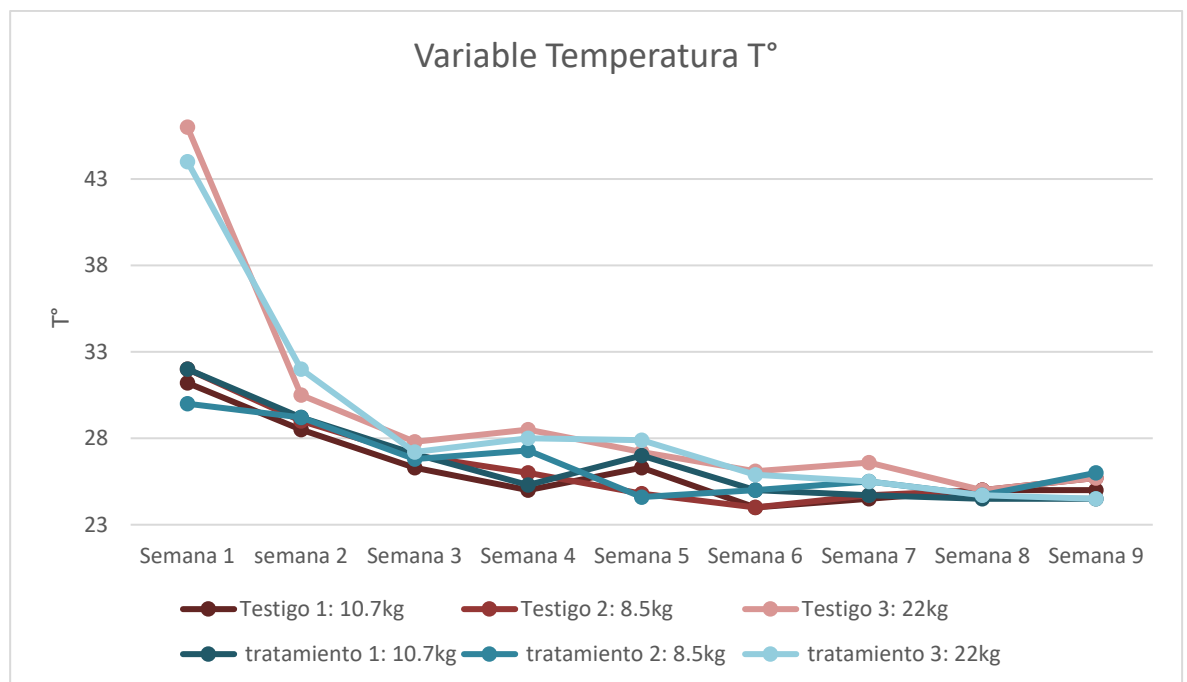


Figura 5. Gráfico de la variable temperatura T° para los testigos y tratamientos durante 9 meses. Notas: Yuri Marcela Gamboa Tijaro, 2024.

La temperatura de las pilas de pulpa de café aumentó durante las primeras semanas del estudio y luego se estabilizó. Las pilas con mayor concentración de café (Testigo 3 y Tratamiento 3) tuvieron temperaturas más altas que las pilas con menor concentración de café (Testigo 1, Testigo 2 y Tratamiento 1 e 2).

Viabilidad económica

El porcentaje de pérdida de la pulpa de café para el testigo y el tratamiento varía entre los 74% y 84%.

Se pudo evidenciar que el testigo 3 y el tratamiento 3 obtuvieron un porcentaje de pérdida menor los cuales contaban con más cantidad en kg de pulpa de café, para el testigo 1 e 2 y el tratamiento 1e 2 se obtuvo un porcentaje de un rango 81% a 84% el cual no se ve una diferencia significativa.

Formula de porcentaje de perdida.

Porcentaje de pérdida de peso = (Valor inicial - Valor final) / Valor inicial)
* 100

Testigo 1

Porcentaje de pérdida de peso = $(10.7\text{kg} - 2.020\text{kg}) / 10.7\text{kg}) * 100 = 81,1\%$

Testigo 2

Porcentaje de pérdida de peso = $(8.5 \text{ kg} - 1.380\text{kg}) / 8.5\text{kg}) * 100 = 83.7\%$

Testigo 3

Porcentaje de pérdida de peso = $(22\text{kg} - 5.660\text{kg}) / 22\text{kg}) * 100 = 74.2\%$

Tratamiento 1

Porcentaje de pérdida de peso = $(10.7\text{kg} - 1.890\text{kg}) / 10.7\text{kg}) * 100 = 82.3\%$

Tratamiento 2

$$\text{Porcentaje de pérdida de peso} = (8.5\text{kg} - 1.360\text{kg}) / 8.5\text{kg} * 100 = 84\%$$

Tratamiento 3

$$\text{Porcentaje de pérdida de peso} = (22\text{kg} - 5.010\text{kg}) / 22\text{kg} * 100 = 77.2\%$$

Para el caso de la cantidad de pulpa de café que se requiere para obtener 50 kg de abono del mismo se realizó una regla de tres simple con los valores obtenidos en la pérdida total de la materia orgánica a los 9 meses, donde se puede obtener que para obtener dichos kg de abono, se necesita un rango de 200kg a 300kg de pulpa de café fresca.

Tabla 3: Peso en kg de la pulpa inicial y la pulpa a 9 meses, con sus porcentajes de pérdidas. Autor: Yuri Marcela Gamboa Tijaro, 2024.

	Testigo			Tratamiento		
	1	2	3	1	2	3
Peso inicial	10.7Kg	8.5Kg	22Kg	10.7Kg	8.5Kg	22Kg
Peso Final	2.020Kg	1.380Kg	5.660Kg	1.890Kg	1.360Kg	5.010Kg
Pérdida de peso	8.68Kg	7.12Kg	16.34Kg	8.81Kg	7.14Kg	16.99Kg
Porcentaje de pérdida %	81%	83%	74%	82%	84%	77%

9. Discusión

El pH de la pulpa de café se pudo evidenciar que durante el inicio del proceso de transformación este aumento al pasar las semanas este se mantuvo alcalino, Navarro pudo deducir que esto se debe a que el compostaje pasa por dos fases principales: termófila (alta temperatura) y mesófila II (enfriamiento). En la primera, el nitrógeno se transforma y el pH aumenta, mientras que, en la segunda, la temperatura baja y se degradan compuestos más complejos. La duración varía según el manejo y la composición del material (Navarro 2023).

Según Olani D et al., 2019 el aumento inicial de la temperatura en las pilas de pulpa se puede atribuir a la actividad microbiana, la descomposición de la materia orgánica por parte de los microorganismos genera calor, y una mayor concentración de café implica una mayor disponibilidad de sustratos para la actividad microbiana, lo que resulta en un mayor aumento de la temperatura, esto se pudo evidenciar en la variable temperatura de la pulpa de café la cual aumento al inicio del compostaje y empezó a disminuir al pasar las semanas, tanto en los tratamientos como en los testigos.

Betancourt Garzon, D. E. (2023). Recomienda una humedad final superior al 40% en la fase de enfriamiento. El presente cumple con esta recomendación. La humedad óptima durante el compostaje varía según los materiales utilizados y las condiciones ambientales, en la semana 9 se evidencia la humedad con un rango de 60% al igual que el estudio en cuestión, a humedad del compost en el estudio de Betancourt Garzón varía a lo largo del tiempo y entre las pilas, dependiendo de las características iniciales de los residuos.

10. Conclusiones

- Se logro estimar los cambios en cada una de variables donde se obtuvieron cambios significativos sobre las variables pH con rango de 10 a 7 y temperatura con rango de 44° a 24,5° en el compostaje durante el proceso de transformación de pulpa de café al pasar las semanas estas variables tienden a disminuir.
- La obtención de abono a partir de la pulpa de café presenta una alta viabilidad económica. La disponibilidad gratuita de la materia prima, los bajos costos de producción y la existencia de un mercado receptivo con precios favorables convierten este proceso en una atractiva oportunidad de aprovechamiento de residuos.
- Se pudo relacionar cada uno de los testigos y tratamientos de los cuales se pudo deducir que se pierde alrededor del 80% de la masa inicial de pulpa de café en los dos casos al ser transformarla en abono orgánico, esto indica que en el proceso de transformación de pulpa de café a abono orgánico se produce una perdida alta.
- No se observaron diferencias significativas en el compostaje final entre los tratamientos con y sin lixiviados. A pesar de la retención de lixiviados en los tratamientos, no se evidenció un impacto en el compost final. La cantidad de pulpa sí influyó en el proceso, debido a que en las pilas de mayor cantidad mostraron mayor variabilidad en las variables pH y temperatura.
- La Granja Blonay, ubicada en la vereda Urengue Blonay del municipio de Chinácota (Norte de Santander), Colombia, presenta condiciones agroclimatológicas adecuadas para el compostaje de pulpa de café.

10. Recomendaciones

Monitorear las variables pH y temperatura de la pulpa de café durante el proceso de transformación para asegurarse de que se mantengan en rangos óptimos para la actividad microbiana.

Realizar investigaciones adicionales para optimizar los tratamientos y mejorar aún más el proceso de transformación de pulpa de café en materia orgánica, aumentar las cantidades de pulpa de café para obtener resultados más sólidos.

Exponer estrategias integrales para mitigar el impacto ambiental en la región cafetera, aprovechando los hallazgos de las investigaciones sobre subproductos del café, con el fin de poner este conocimiento al alcance de todos los caficultores colombianos.

11. Referencias Bibliográficas.

Aguilar, S., y Sumiry, Y. (2019). Validación del método de calcinación en la determinación del contenido de la materia orgánica del suelo.

Alcaldía de Chinácota. (2020). Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023. Chinácota, Colombia: Alcaldía de Chinácota.

Arenas Restrepo, J. A. (2021). Implementar una inspección interna de la Norma Para Agricultura Sostenible de Rainforest, en las fincas que conforman la Asociación de productores y comercializadores de café especial “Juan Café” en el municipio de Ibagué–Corregimiento San Juan De La China.

Baque Nieves, S. A. (2023). *Efecto de varias dosis y frecuencia de citoquinina sobre plántulas de Café arábigo (Coffea arabica L.). Sarchimor 4260 en etapa de vivero* (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum).

Betancourt Garzon, D. E. (2023). Co-compostaje de residuos del café provenientes de la parroquia sinaí-morona santiago.

Bravo Culcha, Y. V., & Cordoba Gomez, L. M. (2023). Manejo agroecológico del cultivo de café (*coffea arábica*), hacia una agricultura sostenible.

Burbano, T. C. L., Lozano, J. A. V., & Díaz, D. A. (2020). Estado de la agrobiodiversidad en sistemas productivos de café del sur de Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias-FAGROPEC*, 12(2), 183-193.

Caracterización y evaluación de frutos de ‘nanche’(Byrsonima crassifolia L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(1), 151-160.

Cenicafé. (2010). Rangos adecuados de lluvia para el cultivo de café en Colombia. *Avances técnicos Cenicafe*, 395, 1 – 8

Farfán-Valencia, F., & González, G. F. (2020). Densidades y ciclos de renovación del café en un sistema agroforestal en el departamento de Norte de Santander. *Revista Cenicafe*, 71(2), 66-72. <https://doi.org/10.38141/10778/71205>

Gallego Buitrago, D. M. (2019). Diseño y montaje de una unidad de industrialización de café en el municipio de San José Caldas para la asociación de víctimas emprendedoras de San José, Caldas (ASOVIENSAC).

Guerra González, M. C., & Rueda Silva, D. C. (2021). Producción de una biopelícula a partir de las pectinas extraídas del mucílago de café (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).

Herrera, J. C., & Cortina, H. A. (2013). Taxonomía y clasificación del café. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (Vol. 1, pp. 117–121). Cenicafe. https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_07

Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC - Diccionario Geográfico Gobernación del Departamento de Norte de Santander
Departamento Administrativo Nacional de Estadística: www.dane.gov.co –
Proyecciones de población.

Lozano Oviedo, L. D. (2023). Modelo piloto de vivero tecnificado de café (Coffea arabica) VR Castillo, para los productores del municipio de Betania (Antioquia).

Ludeña Quinde, G., & Saavedra Huamán, R. (2020). Aprovechamiento de la pulpa del café (Coffea arábica L) para incrementar la materia orgánica de los suelos del distrito de San Ignacio.

Maldonado Peralta, M. D. L. Á., Sánchez Santillán, P., Rojas García, A. R., Valenzuela Lagarda, J. L., Bottini Luzardo, M. B., & Alaniz Gutiérrez, L. (2020).

Marín Echeverri, L. J. (2020). Generación de biogás a partir de lixiviados de la pulpa del Café provenientes del municipio de Jericó con potencial aplicación como combustible doméstico.

Molina Pérez, C. A., & Tumay, R. (2021). Infestación de la Broca del Café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Tres Etapas de Desarrollo de los Frutos de Café de la Variedad Castillo.

Moreno Clavijo, N., & Romero Jiménez, A. A. (2016). Evaluación de diferentes métodos para la transformación de la pulpa de café en abono orgánico en fincas cafeteras.

Muñoz Meneses, E. A., & Muñoz Martínez, Y. E. (2020). Capacitación, mantenimiento y arreglo de máquinas despulpadoras de Café (*Coffea arabica*) a 100 caficultores del municipio de Taminango-Nariño.

Naranjo Henao, L. M. (2023) Desarrollo de un extracto en polvo de cáscara de café como alternativa al aprovechamiento de subproductos.

Navarro, Y. (2023). Compostaje de la pulpa de café. <https://www.anacafe.org/uploads/file/7b99975ee9d0478db47df904a1282888/Bol-etin-Compostaje-Marzo-2023.pdf>

Olani, D. D., Hirpa, G. D., Beyene, A., & Pino, L. (2019). Composting and co-composting of coffee husk and pulp with source-separated municipal solid waste: A breakthrough in valorization of coffee waste. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(1), 127-139. DOI: [10.1007/s40093-019-0256-8](https://doi.org/10.1007/s40093-019-0256-8)

PAULA, F. R. (2020). INGENIERA EN ALIMENTOS (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO).

Peñuela, A. E., & Sanz-Urbe, J. R. (2021). Obtenga café de calidad en el proceso de beneficio. Cenicafé.

Pham, T. T., Nguyen, N. H., Yen, P. N. D., Lam, T. D., & Le, N. T. T. (2020). Proposed techniques to supplement the loss in nutrient cycling for replanted coffee plantations in vietnam. *Agronomy*, 10(6), 905.

Ramirez, V. H., Jaramillo, A., & Arcila, J. (2013). *Rangos adecuados de lluvia para el cultivo de café en Colombia*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).

Ramos Cuesta, F.D. (2020). Compostaje Pulpa De Café, Una Alternativa De Transición De Fertilizantes Tradicionales A Una Agroecología. Coffee Pulp Composting, An Alternative For The Transition From Traditional Fertilizers To An Agroecology. <file:///C:/Users/ACER/Downloads/Plantilla-presentacion-Agricolae-20221.pd>

Restrepo, J., & Prager, M. (2000). Actualización profesional en manejo de recursos naturales, agricultura sostenible y pobreza rural. *MJ Restrepo, SD Angel, & MM Prager, Agroecología (pág. 120). Santo Domingo, República Dominicana.:* © Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc.(CEDAF).

Sanabria-Gómez, S. A., & Caro-Moreno, J. C. (2020). Progreso tecnológico en la caficultura colombiana, 1930-2015: el rol de la Federación Nacional de Cafeteros. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (88), 223-241.

Suarez Arce, L. C., & Trochez Pinto, V. D. (2023). Identificación de ecotecnología de sistemas de tratamiento de aguas mieles producidas por el beneficio húmedo del café (Doctoral dissertation, Uniautónoma del Cauca. Facultad de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible. Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria).

Torres Suárez, W. J. (2020). Efecto del extracto de pulpa y mucilago del café (*coffea arábica* l.) durante el beneficio en la calidad física y sensorial del grano variedad catimor.

Torres-Valenzuela, L. S., Martínez, K. G., Serna-Jimenez, J. A., & Hernández, M. C. (2019). Secado de pulpa de café: condiciones de proceso, modelación matemática y efecto sobre propiedades fisicoquímicas. *Información tecnológica*, 30(2), 189-200.

Villafuerte Soledispa, D. E. (2023). *Comportamiento morfológico de dos genotipos de café arábigo (Coffea arabica L.) en etapa semillero, a la aplicación de dos sustratos con dos enraizadores* (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum).

Anexos

A. Lugar donde se realizó el almacenamiento de las pilas de pulpa de café.



B. Pilas de los tratamientos y control.



C. Toma de muestras de la variable pH con tiras de papel tornasol.



D. Toma de muestra de la variable temperatura y humedad.



E. Tabla de las muestras tomadas en las pilas de café

	Variables	19/03/2024	2/04/2024	16/04/2024	19/03/2024	2/04/2024	16/04/2024
		Testigo 1	Testigo 2	Testigo 3	tratamiento 1	tratamiento 2	tratamiento 3
Semanas	Peso inicial	10.7kg	8.5kg	22kg	10.7kg	8.5kg	22kg
	Peso 9 semanas	2,020 kg	1,380 kg	5,660 kg	1,890 kg	1,360kg	5,010kg
1	T°	31,2	32	46	32	30	44
	Humedad%	57	72	77	61	80	80
	Ph pulpa	10	9	9	9	9	10
	Ph lixiviados	10	10	9	10	10	9
2	T°	28,5	29	30,5	29,2	29,2	32
	Humedad%	65	59	78	67	53	80
	Ph pulpa	8	10	10	9	10	10
	Ph lixiviados	9	10	10	10	10	10
3	T°	26,3	27	27,8	27,1	26,8	27,2
	Humedad%	69	69	80	72	65	85
	Ph pulpa	7	10	10	9	10	10
	Ph lixiviados	7	9	9	10	10	9,8
4	T°	25	26	28,5	25,3	27,3	28
	Humedad%	58	65	71,00	68	70	74
	Ph pulpa	8	10	9	9	10	10
	Ph lixiviados	-	-	9 -	-	-	9
5	T°	26,3	24,8	27,2	27	24,6	27,9
	Humedad%	60	80	61	62	88	62
	Ph pulpa	8	9	9,2	8	10	9,5
	Ph lixiviados	-	-	8,6 -	-	-	8,7
6	T°	24	24	26,1	25	25	25,9
	Humedad%	70	74	85	75	75	83
	Ph pulpa	8	8,5	9	8	9,4	8,9
	Ph lixiviados	-	-	-	-	-	-
7	T°	24,5	24,7	26,6	24,7	25,5	25,5
	Humedad%	90	61	73	91	68	66
	Ph pulpa	8	8,7	9,8	8	8,3	9,3
	Ph lixiviados	-	-	-	-	-	-
8	T°	25	25	25	24,5	24,7	24,7
	Humedad%	73	79	83	74	77	86
	Ph pulpa	7,8	8,5	10	7	8,1	10,3
	Ph lixiviados	-	-	-	-	-	-
9	T°	25	25,7	25,7	24,5	26	24,5
	Humedad%	62	61	76	61	63	70
	Ph pulpa	7,8	8	9	7,7	8,5	9,5

F. Peso final de la materia orgánica de la pulpa de café (tratamiento 1).

