

**Aprovechamiento de subproductos del café para la elaboración de abono orgánico en el
municipio de El Tambo - Departamento de Nariño**

Leidy Marcela Guerra Mena

Diana Yurani Mejía Yela

Asesor

Jairo Hernán Mosquera Guerrero

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Medioambientales – ECAPMA

Agronomía

2023

Agradecimientos

Al concluir esta importante meta en nuestras vidas, queremos extender un caluroso abrazo y un profundo agradecimiento a quienes nos brindaron su apoyo incondicional sus palabras de aliento y fortaleza a lo largo de este importante proceso académico q nos formará como futuros profesionales.

Agradecemos a Dios por guiarnos, por brindarnos sabiduría y fortaleza para culminar esta importante meta.

A nuestros padres, hermanos e hijos por brindarnos su apoyo incondicional y por ser nuestros pilares fundamentales para salir adelante, a nuestros seres queridos que con tanto amor nos brindaron su apoyo y nos extendieron su mano, nos brindaron sus palabras de fortaleza para sobrellevar los obstáculos y salir avante en esos días difíciles.

Nuestra gratitud a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, a sus tutores y directores, a nuestro asesor, por haber contribuido en nuestra formación académica.

Resumen

En un país donde existe poca información y promoción de métodos y productos alternativos para ayudar a mitigar los impactos ambientales de la agricultura tradicional, es menester investigar sobre formas en las que los desechos de la producción agropecuaria se puedan utilizar como materiales alternativos a los productos agroquímicos que regularmente se usan. Pensando en esa idea, se llega a dos productos que puede ayudar a reducir la huella de contaminación generada por la agricultura actual y es utilizar el pergamino del café y la pulpa de café en compostaje. Son diversos los estudios que demuestran que la combinación de estos dos residuos del café con otros materiales logra un producto orgánico de calidad que mejora las plantaciones y al mismo tiempo reduce la contaminación causada, logrando así más beneficios que costos, lo que, a su vez, lleva a un mejor desarrollo de la práctica agrícola.

Palabras clave: Abono, café, compostaje, contaminación, pergamino

Abstract

In a country where there is little information and promotion of alternative methods and products to help mitigate the environmental impacts of traditional agriculture, it is necessary to investigate ways in which agricultural production wastes can be used as alternative materials to the agrochemical products that are regularly used. With this idea in mind, we have come up with two products that can help reduce the pollution footprint generated by current agriculture: coffee parchment and coffee pulp for composting. There are several studies that show that the combination of these two coffee residues with other materials achieves a quality organic product that improves the plantations and at the same time reduces the pollution caused, thus achieving more benefits than costs, which, in turn, leads to a better development of the agricultural practice.

Keywords: Fertilizers, coffee, composting, contamination, parchment

Tabla de Contenido

Introducción	7
Justificación	10
Objetivos	13
Planteamiento del Problema	14
Marco Referencial.....	16
Ejemplo de Aplicación.....	33
Composición Química del Pergamino y la Pulpa del Café.....	36
Conclusiones	39
Recomendaciones.....	41
Referencias Bibliográficas	43

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Diferencias entre el rendimiento de cosechas</i>	27
Figura 2 <i>Cosechas que usan pulpa de café</i>	29
Figura 1 <i>Diferencias entre el aumento de sustancias químicas</i>	33

Introducción

El estudio de los desechos del café como alternativa a los productos químicos tradicionales es de gran importancia. El pergamino y la pulpa del café son residuos generados en grandes cantidades y que podrían ser utilizados para crear un producto orgánico de calidad, reduciendo así el impacto ambiental de la agricultura industrial (Franca & Oliveira, 2009). Además de mejorar la calidad de las plantaciones, el compost generado con estos residuos podría ser utilizado como una alternativa a los fertilizantes químicos, lo que contribuiría a reducir la huella de contaminación generada por la agricultura (Nguyen, 2013)

Actualmente, el sector agropecuario en Colombia está lidiando en cómo convertirse en un sector que sea más sostenible dentro del campo de producción alimentaria, y dentro de una transición recomendada por corficolombiana (Pardo & Orbegozo, 2022) se encuentra el uso de bioinsumos para realizar una mitigación de daño medioambiental (p.4) y, además, como una consecuencia paralela, para ajustarse a presupuestos más limitados (p.10).

En resumen, la creación de bibliografía específica en el municipio puede ayudar a mejorar la eficiencia en la producción agrícola y reducir su impacto ambiental (Nguyen, 2013). Además, puede contribuir al desarrollo económico y a la diversificación de la industria local (Pardo & Orbegozo, 2022). En este trabajo monográfico, se busca compilar de manera sistemática la información existente en diversas fuentes como artículos científicos, revistas internacionales, tesis, trabajos de investigación de agencias gubernamentales y no gubernamentales, entre otras, con el objetivo de brindar un recurso accesible y fácil de usar para aquellos interesados en encontrar información sobre alternativas a los productos agroquímicos tradicionales. El enfoque principal del trabajo es en dos materias primas en particular: la pulpa del café y el pergamino de café, y sus beneficios según la producción científica actual. Se busca

mostrar cómo estos desechos de la producción agropecuaria pueden ser utilizados como sustitutos efectivos de los productos químicos tradicionales, reduciendo así los impactos ambientales negativos y mejorando la calidad de los cultivos. Además, se busca mostrar cómo la implementación de estas alternativas podría contribuir a un desarrollo sostenible y mejoramiento en la agricultura (Franca et al., 2008)

Además, el café es un cultivo que requiere una gran cantidad de agua y nutrientes para su crecimiento, por lo que el uso de estos subproductos del café en el compostaje ayudaría a reducir el impacto ambiental de su producción. Además, la pulpa y el pergamino del café son ricos en nutrientes y pueden ayudar a mejorar la calidad del suelo en las plantaciones de café, lo que llevaría a una mayor producción y una mejor calidad del café. Por otro lado, el uso de estos subproductos también ayudaría a reducir la cantidad de residuos orgánicos que se generan en la producción de café, lo que contribuiría a mitigar la contaminación ambiental. En resumen, el uso de la pulpa y el pergamino del café en el compostaje se justifica por la amplia disponibilidad de estos residuos en el país, su alto contenido de nutrientes y su capacidad para mejorar la calidad del suelo, aumentar la producción y reducir la contaminación ambiental. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016)

La idea es mostrar cómo los residuos del café, como el pergamino y la pulpa, pueden ser utilizados como alternativas a los productos químicos tradicionales en la agricultura, lo que permitiría mejorar la producción agrícola de manera sostenible y reducir el impacto ambiental. Estos residuos del café son ricos en nutrientes y tienen propiedades que ayudan a mejorar el suelo, como la mejora de la estructura del suelo y el aumento de la retención de agua. Además, su uso también puede ayudar a reducir los costos de producción y mejorar la rentabilidad de los agricultores. Es importante señalar que este trabajo se enfoca en una perspectiva local, buscando

aplicar estas alternativas en un contexto específico, y no solo en una perspectiva teórica. Por otra parte, el uso de desechos del café en compostaje también podría ser una oportunidad para los agricultores de reducir sus costos en la producción, ya que podrían generar su propio fertilizante orgánico. Además, también podría ser una oportunidad para las comunidades rurales de generar una fuente de ingresos adicional a través de la venta del compost generado (Franca et al., 2008).

En resumen, la investigación sobre el uso de desechos del café en compostaje es de gran importancia, ya que podría contribuir a mitigar los impactos ambientales de la agricultura industrial y al mismo tiempo generar beneficios económicos y sociales para las comunidades rurales. Es importante seguir investigando sobre esta alternativa para poder implementarla en un futuro cercano y contribuir así a una agricultura más sostenible.

Justificación

El cultivo de café se ha venido incrementando durante los últimos años, el municipio del Tambo – Nariño es una región con una amplia trayectoria en este cultivo, siendo esta una actividad de gran importancia económica donde alrededor de 900 familias se dedican a su producción, sin embargo se ha evidenciado una grave problemática de contaminación debido al manejo inadecuado de los subproductos del café, debido a que durante los diferentes procesos se generan grandes descargas de residuos y aguas residuales las cuales representan un alto riesgo de contaminación.

Actualmente, el sector agropecuario en Colombia está lidiando en cómo convertirse en un sector que sea más sostenible dentro del campo de producción alimentaria, y dentro de una transición recomendada por corficolombiana (Pardo & Orbezo, 2022) se encuentra el uso de bioinsumos para realizar una mitigación de daño medioambiental (p.4) y, además, como una consecuencia paralela, para ajustarse a presupuestos más limitados (p.10).

De tal manera, el desarrollo de estudios e investigaciones específicas en el municipio puede ayudar a identificar problemáticas locales y encontrar soluciones específicas para ellas. Porejemplo, si se descubre que una técnica de cultivo comúnmente utilizada en la zona está causando daño al medio ambiente, se pueden investigar alternativas más sostenibles para reemplazarla.

Esto también puede ayudar a reducir la dependencia de productos químicos y pesticidas, lo que es beneficioso tanto para el medio ambiente como para la salud humana.

Además, la producción de bibliografía local también puede ayudar a fomentar el desarrollo económico en el área, ya que puede atraer a investigadores y empresas interesadas en desarrollar tecnologías y productos basados en los recursos locales. Esto puede conducir a

una mayor diversificación económica y a una reducción de la dependencia de una sola industria.

En resumen, la creación de bibliografía específica en el municipio puede ayudar a mejorarla eficiencia en la producción agrícola y reducir su impacto ambiental. Además, puede contribuir al desarrollo económico y a la diversificación de la industria local. En este trabajo monográfico, se busca compilar de manera sistemática la información existente en diversas fuentes como artículos científicos, revistas internacionales, tesis, trabajos de investigación de agencias gubernamentales y no gubernamentales, entre otras, con el objetivo de brindar un recurso accesible y fácil de usar para aquellos interesados en encontrar información sobre alternativas a los productos agroquímicos tradicionales.

El enfoque principal del trabajo es en dos materias primas en particular: la pulpa del café y el pergamino de café, y sus beneficios según la producción científica actual. Se busca mostrar cómo estos desechos de la producción agropecuaria pueden ser utilizados como sustitutos efectivos de los productos químicos tradicionales, reduciendo así los impactos ambientales negativos y mejorando la calidad de los cultivos. Además, se busca mostrar cómo la implementación de estas alternativas podría contribuir a un desarrollo sostenible y mejoramiento en la agricultura.

Además, el café es un cultivo que requiere una gran cantidad de agua y nutrientes para su crecimiento, por lo que el uso de estos subproductos del café en el compostaje ayudaría a reducir el impacto ambiental de su producción. Además, la pulpa y el pergamino del café son ricos en nutrientes y pueden ayudar a mejorar la calidad del suelo en las plantaciones de café, lo que llevaría a una mayor producción y una mejor calidad del café. Por otro lado, el uso de estos subproductos también ayudaría a reducir la cantidad de residuos orgánicos que se

generan en la producción de café, lo que contribuiría a mitigar la contaminación ambiental. En resumen, el uso de la pulpa y el pergamino del café en el compostaje se justifica por la amplia disponibilidad de estos residuos en el país, su alto contenido de nutrientes y su capacidad para mejorar la calidad del suelo, aumentar la producción y reducir la contaminación ambiental.

(MADR, 2016)

Los residuos del café son ricos en nutrientes y tienen propiedades que ayudan a mejorar el suelo, pueden contribuir en mejorar la estructura del suelo. Además, su uso también puede ayudar a reducir los costos de producción y mejorar la rentabilidad de los agricultores. Es importante señalar que este trabajo se enfoca en una perspectiva local, buscando aplicar estas alternativas en un contexto específico, y no solo en una perspectiva teórica.

Objetivos

Objetivo general

Recopilar información temática sobre el aprovechamiento de los subproductos de café como abono orgánico.

Objetivos específicos

Identificar material bibliográfico local, nacional y mundial acerca del uso de residuos del café, como la pulpa y el pergamino.

Compilar información bibliográficamente relevante de los beneficios, el historial del uso de abonos derivados de subproductos del café y los marcos teóricos de referencia.

Redactar un documento final que compile y organice las ideas obtenidas a partir del material bibliográfico obtenido y reflexione acerca de ellos.

Planteamiento del Problema

La agricultura tradicional, se basa en prácticas antiguas y no fundamentadas en ciencia, puede tener un impacto negativo en el medio ambiente. Por ejemplo, el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes químicos puede contaminar el suelo y el agua, y puede tener efectos negativos en la biodiversidad local. Además, la monocultura (cultivo de un solo tipo de planta) puede degradar el suelo y aumentar la vulnerabilidad de los cultivos a plagas y enfermedades. (Pardo & Orbegozo, 2022)

En el caso específico del municipio mencionado, la falta de bibliografía disponible ha llevado a una falta de conocimiento sobre las cantidades exactas producidas en el municipio. Los datos más relevantes sobre este proceso se encuentran desactualizados. Por ejemplo, la última cifra que tiene un carácter de exactitud de producción la tienen Delgado, Silva y San Clemente (2014) en la cual detallan que el municipio produjo 24.640 kilogramos de pergamino seco para el concurso de la firma italiana Illycafé en el año 2002. No hay registros públicos en la Federación Nacional de Cafeteros ni en las páginas públicas de Agrocafé El Tambo SAS, la cuál es la empresa que maneja la producción de café a nivel municipal. Tampoco hay un marco de referencia local y cómo aplicarlo en lo que refiere a las prácticas agrícolas sostenibles, lo cual ha llevado a la continuación de prácticas dañinas para el medio ambiente. Es importante notar que estas prácticas no solo afectan el medio ambiente, sino también la salud y el bienestar de las personas que viven en esa comunidad. (Pardo & Orbegozo, 2022)

Por esta razón, es importante tener una compilación sistemática de información sobre prácticas agrícolas sostenibles disponible para las comunidades locales, para que puedan tomar decisiones informadas y adoptar prácticas agrícolas que sean mejores para el medio ambiente y para la salud y el bienestar de las personas que viven en esa comunidad. Por tal razón, en el

siguiente punto se encuentra el hecho de que la industria agropecuaria usa elementos que tienen un impacto considerable en el medio ambiente, lo que no va en armonía con los desafíos propuestos por la nación para una transición hacia lo sostenible (Pardo & Orbezo, 2022).

De esa manera, surge la duda de cómo utilizar el material que al que ya se tiene acceso como un complementario para los procesos de la agroindustria para aumentar la producción y reducir el impacto medio ambiental, teniendo en cuenta que El Tambo – Nariño, posee una fuerte industria cafetera que ha situado su producto dentro de los mejores cafés del mundo (Cafés Orús, 2021), se deduce que la producción cafetera local es lo suficientemente sólida para que de sus subproductos (como lo son la pulpa y el pergamino) se pueda generar una herramienta de producción, como lo es el abono orgánico a base residuos (o subproductos) del café.

Así, la pregunta problema se formularía de la siguiente manera:

¿Son los subproductos del café como la Pulpa y el pergamino elementos que puedan apoyar la producción agronómica local sirviendo como enmienda orgánica que ayude a la sostenibilidad de la práctica agropecuaria?

Marco Referencial

La Agricultura Industrial y su Impacto en el Medio Ambiente

La agricultura es una actividad económica esencial en el desarrollo de una región y en la producción de alimentos en una sociedad. Sin embargo, malas prácticas, falta de conciencia y avaricia pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente y la salud de las personas que viven en esas áreas. La cadena productiva de agroquímicos incluye actividades como la producción de fertilizantes y pesticidas, que pueden afectar el entorno y la salud humana. El uso excesivo de estos productos químicos puede alterar la composición natural del suelo, afectar a los ecosistemas y contaminar las fuentes de agua. Además, la agricultura intensiva también puede tener un impacto negativo en los ecosistemas, causando degradación del suelo y erosión (Aldana, 2015)

Cuando se habla de agricultura industrial, hay que tener en cuenta que los métodos más industriales provocan un gran impacto al medio ambiente. Los fertilizantes químicos han dado como resultado un aumento en la producción alimentaria del mundo, pero en contra parte se habla de un impacto al medio ambiente en varias formas; algunas consecuencias de la agricultura industrial son la sobreproducción de nutrientes en el agua que favorecen el crecimiento de algas y otros productos orgánicos en los lechos acuáticos, dichas algas y productos cubren la superficie del agua y la demás plantas del suelo acuático no pueden realizar el proceso de fotosíntesis. Este proceso tiene por nombre “eutrofización” y es un problema porque los demás organismos, como otras plantas y animales acuáticos tienden a sucumbir por la falta de alimento en el lecho acuático. Y como si de un efecto en cadena se tratase, la eutrofización lleva a la contaminación directa de las aguas. Elementos como el nitrógeno se usan en la agricultura ayudada por químicos, y este nitrógeno se vuelve sobre disponible lo que favorece lo dicho anteriormente: La

eutrofización, que además lleva a una desestabilización del ciclo del nitrógeno. Así, al interactuar con los componentes de los cultivos y el agua y el cuál al ser absorbido por las raíces de las plantaciones, se puede producir una toxicidad por nitrificación y lixiviación del nitrato, llevando a que se liberen gases de amonio y dióxido de nitrógeno en estado gaseoso produciendo acidificación y toxicidad, tanto de los suelos, como de las reservas de aguas. Descrito por González (2019), el uso indiscriminado de productos agroquímicos produce “eutrofización, toxicidad del agua, contaminación de aguas subterráneas, contaminación del aire, degradación del suelo y de los ecosistemas, desequilibrios biológicos y reducción de la biodiversidad” puesto que “las plantas pueden absorber entre un 30% y 50% de los fertilizantes químicos, el resto se pierde en el suelo”

El ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial define los agroquímicos como sustancias o mezclas utilizadas en la agricultura para prevenir, destruir o controlar plagas, enfermedades y otros factores que pueden afectar el desarrollo y resultado final de la producción, almacenamiento, transporte o comercialización de plantas y animales destinados al abastecimiento de alimentos. Estos productos químicos se aplican tanto antes como después de la cosecha, como fertilizantes durante el desarrollo de los cultivos, herbicidas para el control de malas hierbas, fungicidas para combatir enfermedades fúngicas e insecticidas para controlar la presencia de insectos. También se utilizan otros productos químicos para proteger el producto durante el almacenamiento y transporte, como curasemillas, acaricidas, bactericidas y defoliantes (Rivas & Patiño, 2021)

El Tambo – Nariño, en el caso del cultivo del café, por ejemplo, se encuentra alineado con los métodos de producción departamental y llevan a cabo un proceso estandarizado en la región con una guía a seguir que se compone de los siguientes pasos (Lagos et al, 2019)

Selección y Adquisición de Semillas

Se enfatiza la importancia de adquirir semillas de alta calidad de fuentes confiables, como comités de cafeteros o cooperativas de caficultores. Se debe verificar que las semillas estén debidamente empacadas y etiquetadas con información relevante, como fecha de empaque, fecha de vencimiento, número de semillas, porcentaje de pureza y nombre de la variedad.

Construcción del Germinador

En el proceso de construcción del germinador, se enfatiza la importancia de garantizar la sanidad y el desarrollo adecuado de las plántulas. Se recomienda construir camas altas utilizando guadua o madera para prevenir daños causados por factores como las lluvias, la contaminación del agua de escorrentía y los animales. Las dimensiones ideales de las camas son de 25-30 cm de profundidad por 100 cm de ancho, y la longitud dependerá de la cantidad de semilla a sembrar. La cama se prepara con una capa de gravilla de 1 cm seguida de una capa de arena lavada de río de aproximadamente 20 cm. Además, se debe desinfectar el sustrato utilizando métodos como agua hirviendo, solarización, hongos entomopatógenos o productos químicos como tiabendazol e yodo para prevenir problemas fitosanitarios en las plántulas.

Siembra en el Germinador

En cuanto a la siembra de las semillas en el germinador, se destaca que el promedio de vida de una semilla de café es de seis meses bajo condiciones adecuadas de humedad y temperatura. Es crucial que las semillas estén libres de problemas fitosanitarios y daños mecánicos al momento de la siembra. Las semillas se distribuyen uniformemente sobre la arena humedecida y se presionan ligeramente para que queden sumergidas a una profundidad de 1 a 1.5 cm aproximadamente. La profundidad de siembra es importante, ya que una profundidad mayor o menor puede resultar en una germinación deficiente y deformación de las raíces y tallos.

El proceso de germinación de las semillas suele tomar alrededor de 50 a 70 días. En resumen, el proceso de construcción del germinador implica la creación de camas adecuadas y la desinfección del sustrato, mientras que la siembra de las semillas en el germinador se centra en garantizar que las semillas estén en condiciones óptimas y se coloquen a la profundidad correcta para facilitar la germinación y el desarrollo saludable de las plántulas de café.

Preparación del Almacigo

En la preparación del almacigo, se establece que este debe ubicarse en un terreno plano, de fácil acceso, alejado de animales, con buen drenaje y una adecuada luminosidad. También se debe evitar la exposición a vientos fuertes y asegurar la disponibilidad de riego para facilitar su manejo agronómico y protegerlo de posibles daños causados por personas o animales. Para el almacigo, se utilizan bolsas de polietileno de color negro perforadas en los lados y en la base, con dimensiones de 23 cm de alto por 17 cm de ancho. El sustrato utilizado para llenar las bolsas debe ser una mezcla de suelo y materia orgánica en una proporción de 1:3, lo que proporciona las condiciones físicas adecuadas para el desarrollo del sistema radicular de las plantas. Las bolsas se colocan a nivel del suelo, preferiblemente en eras de 1 metro de ancho por 10 metros de largo, separadas por calles de 0.5 metros. Se orientan de este a oeste para aprovechar la luz solar durante todo el día. Durante los primeros días después del trasplante de las plántulas, se recomienda proporcionar sombra para facilitar su adaptación y prevenir daños causados por la exposición al sol o el estrés por calor.

Trasplante de Plántulas al Almacigo

El trasplante de plántulas al almacigo se realiza cuando las chapolas tienen alrededor de 60 a 70 días de edad, es decir, cuando sus hojas cotiledonales están completamente abiertas y las raíces tienen aproximadamente 3 cm de longitud. Durante este proceso, se deben seleccionar

cuidadosamente las plántulas que cumplan con ciertas características deseables, como raíces rectas, ausencia de deformaciones y sin pudriciones radicales. No se recomienda trasplantar material en estado de fósforo, ya que esto dificulta la selección adecuada al momento de trasplantar a las bolsas. Es importante mantener las chapolas húmedas antes del trasplante, ya sea sumergiéndolas en un recipiente con agua o envolviéndolas en papel periódico húmedo. Uno de los problemas comunes en las plántulas es el doblamiento irreversible de las raíces, conocido como "cola de marrano", lo que puede tener efectos negativos en el anclaje de las plantas adultas y en la absorción de nutrientes. Por lo tanto, se debe tener un cuidado especial durante el trasplante en las bolsas para asegurarse de que las raíces no queden dobladas. Para lograr un buen trasplante, es necesario ajustar el sustrato de manera que las raíces tengan un buen contacto con el suelo y se eliminen las cámaras de aire. Esto se logra utilizando un palo ahoyador que se introduce en el centro del sustrato contenido en la bolsa. Luego, se coloca la plántula con la raíz recta y se presiona hacia el centro para que la chapolac quede firmemente afianzada en el sustrato sin que las raíces se doblen. Este proceso es fundamental para garantizar el desarrollo saludable de las plántulas en el almácigo.

Establecimiento del Cultivo en Campo

El establecimiento del cultivo de café en campo implica varios pasos:

Preparación del Suelo

Se debe realizar la limpieza del terreno, eliminando arbustos y rastrojos, pero conservando aquellos arbustos que puedan proporcionar sombra, especialmente las leguminosas. El material vegetal eliminado debe ser incorporado al suelo.

Densidad de Siembra

La densidad de siembra depende de diversos factores, como el clima, la profundidad del suelo, la topografía, el tipo de siembra y la variedad de café (de porte bajo o alto). Pueden utilizarse distancias entre 1 metro y 2 metros, según las condiciones y preferencias del productor. La federación nacional de cafeteros (FNC) recomienda un mínimo de 7,000 a 10,000 tallos por hectárea para una buena rentabilidad, aunque algunas prácticas intensivas llegan a tener hasta 10,000 plantas por hectárea.

Trazado y Ahoyado

El trazado de las parcelas debe considerar la topografía del terreno y la densidad de siembra seleccionada. Se pueden seguir patrones cuadrangulares, triangulares o en curvas en contorno. Luego, se realizan hoyos en el suelo, con dimensiones generales de 30 cm de ancho, 30 cm de largo y 30 cm de profundidad. Es importante picar bien el fondo del hoyo para evitar el encharcamiento y facilitar la penetración de las raíces. Esta labor se lleva a cabo antes de la siembra para exponer el suelo a la solarización y prevenir problemas fitosanitarios.

Aplicación de Enmiendas

Basándose en el análisis del suelo, se pueden aplicar enmiendas. Esto incluye la aplicación de cal agrícola en una proporción de 200 gramos por sitio, así como la adición de materia orgánica bien compostada en una cantidad de 1 kilogramo por hoyo. Estas enmiendas buscan mejorar las condiciones del suelo antes de la siembra.

Estos pasos son esenciales para preparar adecuadamente el terreno y garantizar un buen inicio para el cultivo de café en campo.

Siembra en Campo

La siembra en campo para el cultivo de café se recomienda realizar durante la temporada de lluvias, que suele ser en los meses de abril, mayo, noviembre y diciembre. Sin embargo, en fincas con sistemas de riego, se puede programar en cualquier época del año, dependiendo de la disponibilidad de agua y del área a sembrar. Durante la siembra en campo, es importante seleccionar plantas sanas y vigorosas del almácigo, preferiblemente con dos a tres cruces de hojas verdaderas, para asegurar un buen crecimiento y desarrollo, así como una alta productividad. Además, se debe garantizar que las plantas queden bien ajustadas al suelo para evitar la formación de cámaras de aire y facilitar el contacto entre las raíces y el suelo. Se recomienda que el área de siembra esté a nivel del suelo para evitar problemas de encharcamiento.

Mantenimiento del Cultivo de Café

Durante las fases vegetativa y reproductiva, es necesario llevar a cabo diversas labores de manejo agroquímico para asegurar un buen desarrollo de las plantas.

En retrospectiva, en la preparación, siembra y mantenimiento, los productos agroquímicos tienen un particular foco de atención. Y este caso se repite en los diferentes cultivos de la municipalidad.

En el caso colombiano, se habla de secuelas más tangibles como sequías localizadas, bajo caudal de los ríos, afectaciones a la composición de los suelos, y particularmente, por el uso de fertilizantes y pesticidas de origen químico se habla de pérdida en la fauna local, esto porque el uso indiscriminado de estos insumos provoca la disminución de insectos de los cuales animales más grandes se alimentan (Rivas & Patiño, 2021) además el uso de técnicas de cultivo no convencionales y tecnologías insostenibles está causando el agotamiento de los servicios

ecosistémicos como el agua y el suelo debido al uso excesivo de fertilizantes nitrogenados y pesticidas. Esto ha causado impactos ambientales que han promovido la disminución de las áreas cultivables debido a cambios climáticos, lo que tiene un gran impacto negativo en la población. (Aldana, 2015).

Así, se puede concluir que el uso excesivo de agroquímicos en Colombia ha tenido consecuencias graves para el medio ambiente y la salud humana. La dependencia en estos productos químicos para el control de plagas y enfermedades ha llevado a una reducción de la biodiversidad y a la degradación del suelo y del agua. Además, el uso de agroquímicos ha sido vinculado a problemas de salud para los trabajadores agrícolas y las comunidades cercanas a las zonas de cultivo. A pesar de los riesgos, el uso de agroquímicos sigue siendo común en Colombia, ya que muchos agricultores dependen de ellos para garantizar una producción suficiente. Es necesario que se tomen medidas para reducir el uso de agroquímicos y fomentar prácticas agrícolas sostenibles y no tóxicas para el medio ambiente y las personas.

Abonos Orgánicos Como Alternativas a los Productos Químicos

Hay diferentes clases o productos que pueden ser considerados abonos orgánicos, por ejemplo: estiércoles, residuos de cultivo y compostas. Así, de tal manera muestras de tales categorías pueden ser el estiércol bovino, paja de maíz o loabricompost (Intagri, 2016)

Los abonos orgánicos presentan varias ventajas frente a los abonos de origen químico. Por ejemplo, Ramos & Terry, (2014), mencionan varias ventajas que el abono orgánico a partir de materiales de otras plantas vivas presenta. Estas son:

No se forman gases tóxicos ni surgen malos olores debido a los controles que se realizan en cada etapa del proceso de la fermentación, evitándose cualquier inicio de putrefacción.

Se facilita el manejo del abono, su almacenamiento, transporte y disposición de los materiales para elaborarlo (se puede elaborar en pequeños o grandes volúmenes, de acuerdo con las condiciones económicas y las necesidades de cada productor).

Se pueden elaborar en la mayoría de los ambientes y climas donde se realicen actividades agropecuarias.

Se autorregulan agentes patógenos en el suelo, por medio de la inoculación biológica natural, principalmente de bacterias, actinomicetos, hongos y levaduras, entre otros.

Se da la posibilidad de utilizar el producto final en los cultivos, en un período relativamente corto y a costos muy bajos.

El crecimiento de las plantas es estimulado por una serie de fitohormonas y fitorreguladores naturales que se activan a través de los abonos fermentados.

No exige inversiones económicas muy altas en obras de infraestructura rural.

Los diferentes materiales que se encuentran disponibles en las diversas zonas de trabajo, más la creatividad de los campesinos, hace que se puedan variar las formulaciones o las recetas, haciéndolo más apropiado a cada actividad agropecuaria y condición rural.

Los abonos orgánicos son utilizados para aumentar la fertilidad del suelo y mejorar las condiciones para el crecimiento de los cultivos. Actualmente, su uso es muy importante ya que han demostrado ser efectivos para aumentar los rendimientos y mejorar la calidad de los productos. La materia orgánica es un componente esencial para el buen desarrollo de los cultivos, pero los suelos agrícolas a menudo pierden su contenido de materia orgánica debido a ciertos esquemas de manejo. Al agregar material orgánico al suelo, los rendimientos pueden aumentar hasta 10 veces en algunos casos. Los estiércoles son una excelente opción de abono orgánico debido a los importantes aportes de nutrientes, pero es importante almacenarlos

adecuadamente para evitar la pérdida de nutrientes. En granjas ganaderas, la producción de estiércoles debe ser cuidadosa y en condiciones adecuadas para evitar la producción de gases contaminantes y malolientes, así como la proliferación de organismos dañinos. En general, los abonos orgánicos pueden proporcionar varios beneficios para la producción de cultivos y para muchos expertos, y que no se ha aprovechado del todo (Intagri, 2016) incluso habiendo fuentes de capacitación de tipo gubernamental como la cartilla de Cernicafé (2018), donde se hace un detallado estudio de qué es el abono orgánico, cómo se puede realizar y cómo se puede aplicar, o incluso fuentes de tipo no oficial, y de métodos más sencillos de encontrar, como videos en sitios web como youtube a cargo de expertos como el Profesor Yarumo, quien cuenta con aval de Cernicafé y la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia para distribuir su método de fabricar este tipo de abono (Cernicafé, 2016).

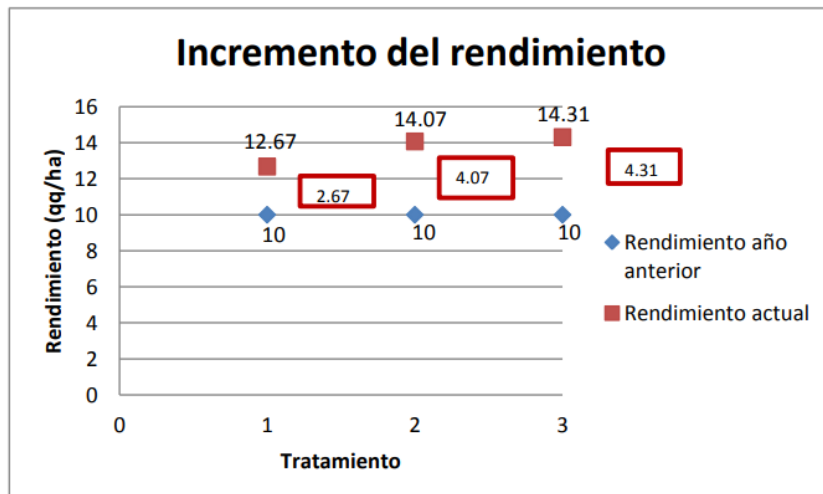
Y es gracias a todo lo anterior, tanto al desconocimiento de su practicidad, como sus potenciales ventajas, que los productos agro-orgánicos se posicionan como una alternativa fuerte a los productos agroquímicos y hasta es menester promocionarlos e informar acerca de ellos.

El Pergamino y la Pulpa del Café Una de las Alternativas

Ya en campo del abono realizado a partir de los subproductos del café, se encuentran abonos realizados con la pulpa del café y abonos realizados a partir del pergamino del café. A pesar de que, de manera irónica, representaba un porcentaje grande a la contaminación y alteración ambiental. Sin embargo, tras estudiar las propiedades de dichos recursos, se encontró que se pueden utilizar de otras maneras, de tal manera que sirvan después de desechados, y uno de esos productos es precisamente, como abono orgánico (Torres, Nd). La siguiente figura ilustrativa, del estudio de Torres (Nd) da cuenta de cómo el rendimiento se ve afectado positivamente por la pulpa de café como enmienda orgánica.

Figura 1

Diferencias entre el rendimiento de cosechas que usan pulpa de café frente a los que no, de acuerdo a la investigación de Torres. Un quintal (QQ) equivale a 50 kilogramos



Nota. Rendimiento año anterior, rendimiento actual. *Fuente.* Torres, Nd

Los residuos y subproductos de la pulpa del café, como el despulpado, son una buena fuente de humus y carbono orgánico para el suelo. Si se da vuelta y se deja madurar durante unos años, se convierte en un abono en tres semanas. Sin embargo, cuando empieza a calentarse el montón después del primer volteo, se libera un líquido negro y pegajoso que contiene la mayoría de los nutrientes y es el verdadero material fertilizante. Este líquido debiera ser recolectado y vendido como un factor de nutrición vegetal orgánico de alto valor y que previene plagas.

(Rathinavelu & Graziosi, 1967)

Los residuos y subproductos del café son un problema ambiental importante en países productores como el nuestro. Por esta razón, desde hace varias décadas se han investigado métodos para utilizar estos residuos como materia prima para la producción de biogás, proteínas, abonos, vinagre, entre otros. La pulpa de café fresca o procesada ha sido objeto de muchos estudios, los cuales en general indican que estos residuos pueden ser utilizados de varias

maneras, una de las cuales es la elaboración de abonos. El despulpado del café representa el 40% de los residuos de cosecha y es una fuente importante de contaminación del agua en las zonas cafetaleras debido a su uso inadecuado por parte de los productores, de manera que, si se aprovecha como un componente para compostaje, no solo se reducirá la contaminación residual, sino que además incrementará la calidad de la producción en la que se aplique (Torres, Nd).

Siguiendo las conclusiones de Torres (Nd), afirma que:

- En todos los casos el beneficio es mayor que el costo para los tratamientos que tienen como insumo la pulpa de café.

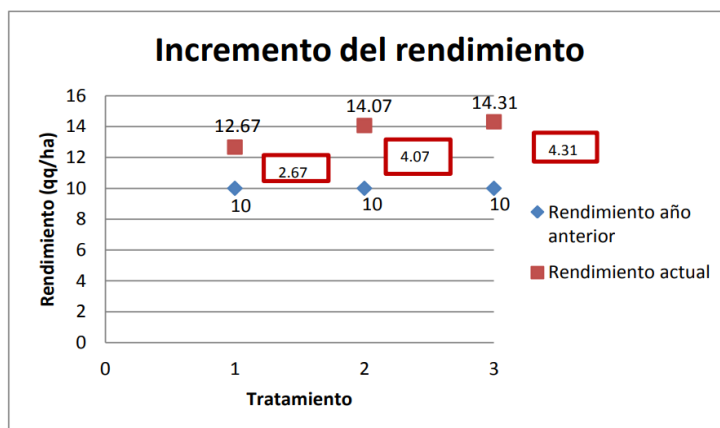
- La relación beneficio costo en todos los casos es negativa para el tratamiento que consta solo de estiércol. Esto se debe es necesario recolectar estiércol de pastos abiertos, pues la ganadería en la zona es extensiva, y esto se refleja en un mayor costo de producción.

- En todos los casos de sensibilidad se genera una relación directa entre el incremento de los precios y el incremento de los beneficios, y una relación indirecta entre el incremento del costo de mano de obra y los beneficios.

En la siguiente figura (figura 2) se puede apreciar la comparación se de las cosechas de productos que usaron la pulpa de café como base de su compost, frente a cosechas que solo usaron estiércol como material de abono orgánico:

Figura 2

Diferencias entre el rendimiento de cosechas que usan pulpa de café frente a los que no.



* 1 quintal (qq) equivale a 50 kilogramos.

Nota. La diferencia entre el incremento de la pulpa de café. *Fuente.* Torres Nd

Por citar otro ejemplo, Comsa. (2013), publicó el éxito de aplicar aguas mieles a partir de mucílago de café, combinado con la cáscara del café, directamente en el suelo. En tres años de aplicación se recuperó el suelo en plantaciones defoliadas e incrementó la maduración del grano de café en tiempos menores a un año.

En otros estudios relacionados, se encuentran los resultados obtenidos de la investigación de Girmay, (2016) donde se mezcló el pergamino de café con gusanos de tierra en cultivos de Moringa en Etiopía. El estudio encontró que usar pergamino de café en tónicos y aplicarlos con spray a los semilleros de cultivo tuvo un impacto significativo en su crecimiento. Diferentes tasas de aplicación de este tónico que combina pergamino de café con gusanos de tierra afectaron al crecimiento y desarrollo de diferentes plantas de diferentes maneras. Usando más aplicaciones de este tónico, generalmente llevó a un mejor crecimiento, incluyendo el incremento de Chlorophyll b, el incremento de la altura de la planta, el número de hojas, diámetro del tallo y el peso total. El estudio encontró que usar de un 30% a 40% de pergamino de café en el tónico era

la manera más beneficiosa de usar. Este método se considera de bajo esfuerzo y de fácil uso, dando una buena oportunidad para los productores de café en Etiopía de mejorar sus plantaciones. Adicionalmente, usar el pergamino de café para compostaje no solo provee una buena fuente de biofertilizante, sino que también reduce la contaminación ambiental causada por el pobre tratamiento de los residuos de café.

Otro trabajo de investigación se dio a cabo en Vietnam, de la mano de Nguyen (2013). Usando el análisis de varianza (ANOVA), se comparó un fertilizante a base de pergamino de café contra otros fertilizantes de orígenes químicos, encontrando que dicho fertilizante realizado con pergamino es hasta un 14% más provechoso que su contraparte en medida de crecimiento de las plantas y contribuyó a la fertilidad del suelo como un efecto secundario positivo. El estudio sugiere que el pergamino del café, una fuente rica en materia orgánica y potasio puede ser usada como material de compostaje. Añadiendo un fertilizante de 1% de urea, 5% de termo-fosfato, 20% de estiércol bovino y 0.1% de microorganismos al pergamino de café, el tiempo para el compostaje se reduce y la calidad de la composta tiende a mejorar significativamente. Después de apilarlo por un periodo de 3 meses, la composta está lista para su uso, reduciendo el tiempo del proceso en un 60% comparado a otros protocolos. Usar la composta como un sustituto parcial de fertilizantes químicos puede incrementar la fertilidad del suelo, incrementar la absorción de nutrientes en las plantas, promover el crecimiento de las ramas e incrementar la cosecha en un 14%, comparado a otros métodos. Adicionalmente, usar composta a base de pergamino de café, reduce la contaminación ambiental y promueve una agricultura sostenible (Dzung, 2013).

En el mismo estudio de (Dzung, 2013). Se informa acerca del proceso de elaboración y aplicación de este compostaje a base de los residuos de café de esta manera: los ingredientes de la mezcla de compost eran 10 a 20% de estiércol, 70 a 80% de cascarilla de café, 1% de urea, 5%

de fertilizante termofosfato, 2% de cal y 0,1% de microorganismos efectivos. La humedad de la mezcla fue del 60%. La mezcla se amontonó con una altura de 120 cm, cubierta con subproductos agrícolas y se mantuvo la humedad del 60% durante el proceso de compostaje. Después de tres meses de compostaje, el compost estaba listo para su uso.

Se aplicó compost a las plantas de café, utilizando de 2 a 3 kg de compost para reemplazar parcialmente el fertilizante químico con el fin de reducir su uso, mejorar la fertilidad del suelo y proteger el medio ambiente del suelo contra la erosión y degradación. El primer año de aplicación, la fertilidad del suelo no mejoró en comparación con el control (usando 100% de fertilizante químico), porque el compost era un fertilizante orgánico, por lo que su efectividad en la fertilidad del suelo y las plantas fue lenta. La fertilidad del suelo en el control mostró una degradación como: el pH disminuyó de 4,41 a 4,11; OC% de 3,41 a 3,28; los nutrientes disponibles y totales como el nitrógeno, fósforo y potasio también se redujeron claramente. Esto indicó que, si el cultivo de café solo usara fertilizantes químicos, llevaría a la degradación del suelo y la producción de café se volvería insostenible. La aplicación de compost mejoró la fertilidad del suelo. El pH del suelo aumentó de 4,11 a 4,52 en las parcelas que aplicaron de 2 a 3 kg de compost después de tres años del tratamiento. Particularmente, el OC% y el N% y el fósforo total mejoraron significativamente en comparación con el control. La estructura física del suelo, como la densidad aparente, la densidad de partículas y el espacio poroso, también tendieron a mejorar en comparación con el control. Después de tres años de la aplicación de compost en el campo de café, se concluyó que la aplicación de solo fertilizantes químicos en el cultivo de café conduce a la reducción del pH, el OC%, el N% total, P%, K% y los nutrientes disponibles y al aumento de la degradación del suelo. Los resultados son similares a otros estudios sobre compostaje de residuos de café y otros residuos. La gráfica a continuación explica

(Dzung, 2013). La ilustración 3 proporciona una representación visual de las diferencias en el aumento de sustancias químicas entre el grupo de control (C) y las cuatro fórmulas diferentes (F1, F2, F3 y F4) que se utilizaron en combinación con pergamino y pulpa de café. Cabe destacar que las barras de color azul muestran las cantidades correspondientes al primer año, mientras que las barras de color rojo representan el contenido total durante los tres años posteriores.

Este análisis gráfico nos permite examinar y comparar el impacto de las diferentes fórmulas en términos de incremento de sustancias químicas a lo largo del tiempo. Al observar las barras azules, podemos evaluar el efecto inicial de cada fórmula durante el primer año. Por otro lado, las barras rojas nos proporcionan una visión más completa al considerar el contenido total acumulado durante los tres años posteriores.

Esta información es fundamental para comprender cómo las diferentes fórmulas interactúan con el pergamino y la pulpa de café en términos de la liberación de sustancias químicas. Los datos de la gráfica nos permiten analizar si hay alguna tendencia clara en el aumento de estas sustancias a lo largo del tiempo y si alguna de las fórmulas muestra una mayor eficacia en comparación con el grupo de control.

Además, alargar esta idea nos lleva a reflexionar sobre posibles implicaciones y aplicaciones prácticas de estos resultados. Por ejemplo, si encontramos que alguna de las fórmulas muestra un aumento significativamente mayor en sustancias químicas en comparación con el grupo de control, esto podría indicar un mayor potencial para su uso en la industria de la agricultura, particularmente en el cultivo de café.

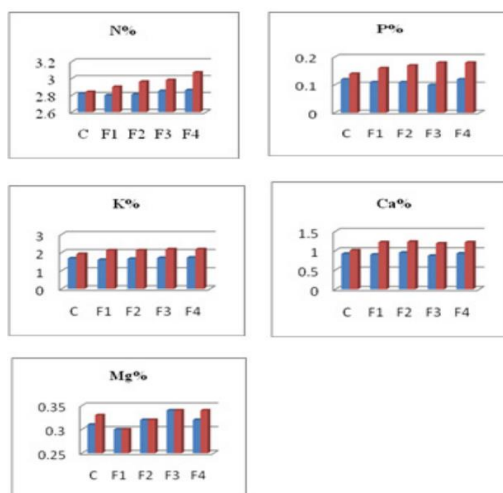
Asimismo, se podrían realizar análisis más detallados para comprender los componentes específicos de las fórmulas que contribuyen a estas diferencias en los niveles de sustancias químicas. Esto podría abrir la puerta a la optimización de las fórmulas existentes o incluso al

desarrollo de nuevas formulaciones que maximicen los beneficios y minimicen los posibles efectos negativos.

La gráfica proporciona una valiosa representación visual de las diferencias en el aumento de sustancias químicas entre el grupo de control y las diferentes fórmulas utilizadas en combinación con pergamino y pulpa de café. Estos hallazgos tienen el potencial de impulsar futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en el campo de la agricultura y la producción de café.

Figura 3

Diferencias entre el aumento de sustancias químicas entre el grupo de control (C), y las 4 diferentes fórmulas que se usó en acompañamiento de pergamino y pulpa de café (F1, F2, F3 y F4) Donde las barras en azul representan las cantidades en el primer año y las barras rojas representan el contenido total en los 3 años posteriores.



Nota. Diferencias en el aumento de sustancias químicas entre el grupo de control y las diferentes familias. *Fuente.* Dzung et al, 2013

Los subproductos de la producción de café han sido estudiados desde principios del siglo XX, principalmente para su uso como ingredientes en alimentos para animales y compostaje. Sin embargo, a lo largo de la mayoría del siglo XX, los estudios sobre estos subproductos fueron

escasos y solo recientemente han vuelto a cobrar impulso los estudios sobre estos subproductos como materiales precursores para producir productos de valor agregado. Algunos productos que contienen subproductos del café ya se están comercializando o están esperando la aprobación para la comercialización como alimentos novedosos en todo el mundo. Para definir procesos adecuados para la valorización de las cascavas de café, es necesario caracterizar adecuadamente fisicoquímicamente este subproducto. Las composiciones proximales de las cascavas de café han sido escasamente publicadas en la literatura con una variabilidad bastante grande de los valores individuales para los contenidos de lípidos (0,5-3%), proteínas (7-17%), cenizas (3-7%) y carbohidratos (16-85%). También se observa una gran variabilidad en los valores publicados para los contenidos de celulosa (14,7-46,1%), hemicelulosa (10,2-29,7%) y lignina (10,1-34,2%). Aparte de las variabilidades inherentes agronómicas y de procesamiento, la principal razón de la amplia gama de valores para cada clase de compuesto es la falta de una definición adecuada de lo que se denomina "cascavas de café". El fruto del café comprende varias capas: piel externa (cáscara); pulpa; mucílago; pergamino; piel plateada; y granos. Cuando el café se procesa en seco, los principales residuos generados son las cascavas, que comprenden pulpa seca y pergamino (incluida la piel externa y el mucílago). En el procesamiento húmedo, hay dos residuos separados, generados en pasos distintos del procesamiento: La pulpa húmeda (incluida la piel externa) y el pergamino seco (incluida una porción del mucílago). (Franca et al., 2009).

Ejemplo de Aplicación

En el estudio de Nguyen (2013) se mezcló cáscara de café (875 kg) con un 10% de estiércol de vaca (p/p), se suplementó con un 2% de cal (p/p), un 0,5% de urea (p/p) y se añadió agua hasta alcanzar un 60% de humedad en la mezcla. Se suspendió un kilogramo de microorganismos eficaces que contenían *Trichoderma* sp. y *Streptomyces* sp. en 50 litros de agua

fresca y se roció sobre 1000 kg de la mezcla. La mezcla se amontonó hasta alcanzar una altura de 120 cm y se cubrió con residuos agrícolas como hojas y paja de arroz, y se incubó durante 90 días.

El proceso descrito detalla el método para obtener compost a partir de la cáscara de café. La cáscara de café, que es un subproducto del procesamiento del café, se mezcla con estiércol de vaca para proporcionar una fuente adicional de nutrientes orgánicos. Además, se añade cal para ajustar el pH del compost y urea para aportar nitrógeno adicional.

Para promover la descomposición y transformación de la mezcla, se introducen microorganismos eficaces, como *Trichoderma* sp. y *Streptomyces* sp., que son conocidos por su capacidad para descomponer la materia orgánica. Estos microorganismos se suspenden en agua y se rocían sobre la mezcla, lo que ayuda a acelerar el proceso de descomposición y descomposición de los componentes orgánicos.

Una vez que se ha preparado la mezcla, se amontona en un montón de 120 cm de altura y se cubre con residuos agrícolas, como hojas y paja de arroz. Esta cubierta ayuda a mantener la humedad y la temperatura adecuadas dentro del montón, lo que favorece la actividad microbiana y la descomposición de la materia orgánica.

El montón de compost se incuba durante 90 días, permitiendo que los microorganismos descompongan y transformen los componentes de la mezcla en un producto final llamado compost. Durante este período de incubación, se monitorea regularmente la humedad y la temperatura del montón para asegurar condiciones óptimas para la descomposición.

El compost resultante de este proceso puede utilizarse como una enmienda orgánica valiosa en la agricultura y la jardinería. Proporciona nutrientes esenciales para las plantas, mejora la estructura y la retención de agua del suelo, y fomenta la actividad microbiana beneficiosa.

Además, el compostaje de la cáscara de café contribuye a la gestión sostenible de los residuos, ya que aprovecha un subproducto del café que de otra manera podría ser desperdiciado.

Composición Química del Pergamino y la Pulpa del Café

Composición Química del Pergamino del Café

Los compuestos químicos principales buscados en la cáscara del café, al igual que en el café y otros subproductos, son metabolitos secundarios como la cafeína y otros compuestos fenólicos, como los ácidos hidroxicinámicos y los flavonoides, que se desean por sus beneficiosas propiedades antioxidantes (Farah & Donangelo, 2006).

La cafeína es un alcaloide vegetal que se encuentra en el café, el té y el cacao (Nonthakaew et al., 2015), que cuando se consume en niveles moderados puede disminuir la fatiga al aumentar la disponibilidad de energía y, por lo tanto, llevar a mejoras físicas y psicológicas (Glade, 2010). Estudios in vitro han demostrado que, en cantidades altas, la cafeína también es un inhibidor de moho (Suárez et al., 2004) y bacterias (Almeida et al., 2012). La concentración de cafeína en el café depende del método de extracción, del tipo de café y si los granos están frescos o tostados (Nonthakaew et al., 2015). Se descubrió que el proceso de tostado aumenta la cantidad de cafeína (Hečimović et al., 2011). En el estudio de Salinas-Vargas y Cañizares-Macías (2014), la cantidad de cafeína en los granos verdes de café Arábica frescos y tostados aumentó de 4.0 a 9.33 mg/l de cafeína.

Los métodos utilizados para extraer la cafeína son, por ejemplo, microondas, ultrasonido, reflujo de calor, remojo en solventes y extracción con soxhlet (Jun et al., 2011)

Los ácidos clorogénicos son ésteres de hidroxicinamatos de ácido quínico con, más comúnmente, ácido cafeico y ácido ferúlico como sustituyentes (Jaiswal et al., 2012). Las principales clases de ácidos clorogénicos, que tienen al menos tres isómeros, son el ácido cafeoilquinico (CGA), el ácido feruloilquinico (FGA) y el ácido dicafeoilquinico (diCGA) (Clifford, 2000). Los ácidos clorogénicos contribuyen a la pigmentación y astringencia del café

después de la tostación debido a su incorporación en las melanoidinas. Los compuestos se hidrolizan durante la tostación y la preparación (Farah & Donangelo, 2006).

Murthy y Naidu (2012) intentaron extraer ácido clorogénico de la cáscara del café utilizando diferentes tratamientos previos y concluyeron que las muestras tratadas con enzimas dieron el rendimiento más alto en comparación con las tratadas con vapor.

Además de los tratamientos previos, factores como el solvente, la calidad y el origen del material vegetal y las condiciones de almacenamiento afectan el rendimiento extraído de los ácidos clorogénicos (Ramalakshmi et al., 2009).

Otros compuestos presentes en la cáscara del café son las procianidinas. Son precursores del compuesto cianidina, un antocianidina (Volz et al., 2014) que causa colores rojos, rosados, violetas y azules en flores, frutas y verduras (Coultate, 2009). Son metabolitos secundarios y consisten en los monómeros flavanol (+)-catequina unidos con (-)-epicatequina. Además del origen, la concentración de las procianidinas disminuye durante el procesamiento, como la fermentación, el secado y la tostación. Los compuestos le dan un sabor astringente y amargo (Esatbeyoglu et al., 2015).

Composición Química de la Pulpa del Café

Se investigó la calidad nutricional de la pulpa de café seca (DCP, por sus siglas en inglés). Los análisis químicos de la pulpa indicaron que su valor nutricional general era bajo para los animales, pero importante para las plantas. Los contenidos de proteína bruta, grasa, ceniza y energía metabolizable fueron de 79,7 g/kg de materia seca (MS), 13,4 g/kg de MS, 67,2 g/kg de MS y 5,38 MJ/kg de MS, respectivamente. Contenía altas cantidades de fibra y antinutrientes como taninos y cafeína. En un posterior ensayo de alimentación, se asignaron al azar 255 pollos de engorde comerciales a uno de los 5 tratamientos dietéticos. Los tratamientos consistieron en

una dieta de control que contenía maíz como principal fuente de cereal, y otras 4 dietas que contenían diferentes niveles de DCP (25, 50, 75 y 100 g/kg). Se proporcionó alimento y agua ad libitum durante un período de 8 semanas.

En este estudio, se encontró una relación significativa e inversa entre la ingesta de alimento y la ganancia de peso con el nivel de DCP en la dieta ($r = -0,96$ y $-0,87$, respectivamente). El nivel de DCP en la dieta también mostró una fuerte correlación con la tasa de conversión alimenticia ($r = 0,88$) y el consumo de agua ($r = 0,98$). Todos los parámetros de la canal medidos, excepto el porcentaje de vestido, fueron similares. Sin embargo, no se observaron problemas relacionados con la salud ni mortalidad atribuibles al nivel de DCP en la dieta. La DCP podría incluirse en las dietas de pollos de engorde a concentraciones de hasta 25 g/kg de dieta sin efectos adversos en el rendimiento.

Como conclusión, se evidencia que la carga teórica del impacto ambiental debido a la agricultura es una realidad, además hay sustentos teóricos que afirman que el abono orgánico es una alternativa viable para ayudar a mitigar los impactos medioambientales de la práctica agropecuaria. Además, se puede observar que se puede hacer abonos orgánicos con los residuos del café, que, además, en los diversos estudios muestran sus beneficios y ventajas con respecto a otros productos de origen químico, convirtiendo estos productos (particularmente la pulpa y el pergamino del café) como un recurso a tener en cuenta en la agricultura local para lograr una práctica agrícola más sostenible y estable.

Conclusiones

La idea principal de esta monografía es la de Bibliografía que evidencie alternativas sustentables para la producción agrícola. A través de la investigación y análisis de diversos estudios y artículos, se ha llegado a la conclusión de que los residuos del café, como el pergamino y la pulpa, son una excelente opción para mitigar los impactos ambientales de la agricultura tradicional. Estos dos productos, al ser ricos en nutrientes y ser una fuente de materia orgánica, que se compone de aproximadamente 79,7 g de proteína bruta, 13,4 g de grasa, 67,2 g de ceniza y proporciona una energía metabolizable de 5,38 MJ por kilogramo de materia seca (MS). Además, el pergamino de café es notable por su alto contenido de nitrógeno (1,5%), fósforo (0,5%) y potasio (2,2%), en el pergamino de café lo que lo convierte en una fuente potencialmente valiosa de nutrientes para su reutilización. Por otro lado, la pulpa de café contiene aproximadamente un 92% de materia seca, 2,6% de extracto etéreo, 20,8% de fibra cruda, 10,7% de proteína bruta y 8,8% de ceniza. También se ha encontrado que la pulpa de café contiene un 49,2% de nitrógeno, ácidos orgánicos (12%), cafeína, trigonelina y taninos (1,8%). Estos componentes proporcionan una variedad de nutrientes y compuestos bioactivos que podrían tener aplicaciones en la industria alimentaria, agrícola o farmacéutica.

En resumen, tanto el pergamino de café como la pulpa de café presentan una composición química rica en proteínas, minerales y otros compuestos beneficiosos. Estas características abren la puerta a posibles usos y aplicaciones innovadoras para aprovechar estos subproductos del café de manera sostenible y aprovechar sus propiedades nutricionales y funcionales en diversos campos. pueden ser utilizados como abono y en el compostaje, lo que ayudaría a mejorar la calidad del suelo y a reducir la necesidad de productos fertilizantes de síntesis a largo tiempo.

Además, al ser el café uno de los cultivos más comunes en el país, es más fácil encontrar estos residuos y ponerlos en práctica en las plantaciones. Es importante destacar que, al ser una opción económica y viable, esta alternativa puede ser implementada en una escala más amplia, lo que ayudaría a tener un impacto significativo en la mitigación de la problemática medioambiental.

En resumen, esta monografía ha evidenciado que los desechos del café representan una alternativa sobresaliente para reducir los efectos negativos en el medio ambiente causados por la agricultura convencional. Es importante seguir investigando y promoviendo este tipo de soluciones, ya que pueden ser una excelente forma de mejorar la sostenibilidad de la agricultura y contribuir a un mundo más verde y, sobre todo, para dar respuesta al objetivo de este trabajo documental, los subproductos del café pueden y deberían ser implementados en todas partes donde se ejerza el ejercicio agropecuario, incluida la población objetivo que se marcó en un principio: El Tambo – Nariño. Es menester que nuevos estudios se lleven a cabo en el campo y que se compartan los hallazgos con el campesinado y los granjeros locales para que puedan conocer y utilizar estos productos y estos conocimientos.

Recomendaciones

La agricultura mal manejada es un impacto serio para el medio ambiente. En primer lugar, el uso de agroquímicos como pesticidas y fertilizantes químicos puede tener un impacto negativo en la calidad del suelo y el agua. Estos productos químicos pueden contaminar las aguas subterráneas y los ríos, y pueden matar a los organismos benéficos que ayudan a mantener un equilibrio ecológico saludable. Además, el uso excesivo de agroquímicos puede hacer que el suelo sea menos productivo y más propenso a la erosión.

En segundo lugar, la agricultura intensiva también puede tener un impacto negativo en la biodiversidad. La expansión de los cultivos y la eliminación de los hábitats naturales pueden tener un impacto significativo en la vida silvestre, incluyendo la pérdida de especies y la fragmentación de los ecosistemas. Además, el uso excesivo de maquinaria agrícola puede causar la compactación del suelo, lo que a su vez puede afectar negativamente a la vida silvestre y a las plantas.

Por último, la agricultura también puede contribuir al cambio climático mediante la emisión de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono y el metano, así como también la deforestación para ampliar las tierras de cultivo. Además, la agricultura también puede contribuir al agotamiento de los recursos naturales, como el agua, y a la degradación del suelo. En resumen, la agricultura puede tener un impacto significativo en el medio ambiente debido a su uso indiscriminado de agroquímicos, su impacto en la biodiversidad, su contribución al cambio climático y su impacto en los recursos naturales.

A través de varios capítulos de esta monografía hay varios temas recurrentes que empiezan a cohesionarse y todas sus partes forman ya una figura común: El hecho de que existe una alternativa sustentable, económica y viable. En diversos artículos expuestos se ha abordado

como la problemática medioambiental a cuenta de la agronomía mal gestionada es un problema para el cual se debe ir buscando soluciones, incluso, desde las más pequeñas. La mayoría de los artículos refuerzan la idea de que los residuos del café como el pergamino y la pulpa son una complicación a largo plazo si se siguen tratando como desechos. Y así mismo, la mayoría de los artículos coinciden en que esos dos productos pueden ser un buen refuerzo para mejorar las condiciones físicas del suelo e incluso, refuerzan la idea de que esos subproductos del café tienen muchas más ventajas que inversiones, convirtiéndolos en una opción sustentable.

El pergamino de café y la pulpa son considerados buenos enmiendas energéticas orgánicas debido a sus propiedades nutricionales. El pergamino de café contiene un alto porcentaje de nitrógeno (1.5%), fósforo (0.5%) t potasio (2.2%) (Pereira & Pereira, 2009), los cuales son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Además, también contiene calcio, magnesio y azufre, los cuales son importantes para la formación de tejidos vegetales. Por otro lado, la pulpa de café es rica en materia orgánica y contiene nutrientes como el nitrógeno (1.5%), fósforo (0.5%) t potasio (2.2%) (Pereira & Pereira, 2009), lo cual la convierte en un fertilizante orgánico muy valioso para las plantaciones. Además, también tiene un alto contenido de microorganismos beneficiosos que ayudan a mejorar la calidad del suelo. En resumen, estos dos productos son ricos en nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas y ayudan a mejorar la calidad del suelo, lo cual los convierte en excelentes fertilizantes orgánicos.

Referencias Bibliográficas

- Aldana, S. E. (2015), *Diagnóstico socio-ambiental del sector de la agricultura enfocado en la producción de arroz en la vereda la Sierra en el municipio de Lérída- Tolima, Colombia*, Boletín Semillas Ambientales, 9(2), 37–40.
- Almeida, A.A.P., Naghetini, C.C., Santos, V.R., Antonio, A.G., Farah, A., Glória, M.B.A., (2012). *Influence of natural coffee compounds, coffee extracts and increased levels of caffeine on the inhibition of Streptococcus mutans*. Food Res. Int. 49, 459–461. doi:10.1016/j.foodres.2012.07.026
- Anand T Pereira and Geeta N Pereira. 2009. Shade Grown Ecofriendly Indian Coffee. Volume-1.
- Cafés Orús. (2021). *Colombia Nariño "El Tambo", Un Café Supremo Cultivado en Los Andes*. Cafés Orús, <https://cafesorus.es/2021/11/colombia-narino-el-tambo/>
- Cenicafé. (2016). *Produce abono orgánico en la finca*. En Cenicafé, Cartilla Cafetera 8. <https://www.cenicafe.org/es/documents/cartillaCafeteraCapitulo8.pdf>
- Cenicafé. (2018). *Manejo de Aguas del Beneficio del Café; Tips del Profesor Yarumo*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. https://www.youtube.com/watch?v=B-lycurasmo&ab_channel=Federaci%C3%B3nNacionaldeCafeterosdeColombia.
- Comsa, (2013). *Café orgánico Marcala*. Aguas mieles, una experiencia de éxito en fincas, <https://www.comsa.hn/aguas-mieles-una-experiencia-de-exito-en-fincas/>
- Coulter, T., (2009). *Food The Chemistry of its Components*, 5th ed. The Royal Society of Chemistry, Cambridge.

- Delgado U., S. A., Silva C, A. C., & Sanclemente R, O. E. (2017). *Cadena productiva del café en el departamento de Nariño*. Documentos De Trabajo ECACEN, 1(1).
<https://doi.org/10.22490/ECACEN.1894>
- Donkoh, A., Atuahene, C. C., Kese, A. G., & Mensah-Asante, B. (1988). *The nutritional value of dried coffee pulp (DCP) in broiler chickens' diets*. *Animal Feed Science and Technology*, 22(1-2), 139–146. doi:10.1016/0377-8401(88)90081-8
- Esatbeyoglu, T., Wray, V., Winterhalter, P., (2015). Isolation of dimeric, trimeric, tetrameric and pentameric procyanidins from unroasted cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) using countercurrent chromatography. *Food Chem.* 179, 278–289. doi:10.1016/j.foodchem.2015.01.130
- Farah, A., Donangelo, C.M., (2006). *Phenolic compounds in coffee*. *Braz. J. Plant Physiol.* 18, 23–36. doi:10.1590/S1677-04202006000100003
- Franca, & Oliveira, (2009) - *Coffee processing solid wastes: Current uses and future perspectives*. In *Agricultural Wastes*; Ashworth, G.S., Azevedo, P., Eds.; Nova Science Publishers Inc.: New York, NY, USA, 2009; pp. 155–189.
- Girmay, S., K. Urgessa and G. Berecha, (2016). *Foliar spray with coffee husk vermiwash enhances seedling growth of Moringa stenopetala (baker f.) and Jatropha curcas (L.)*. *Res. J. For.*, 10: 15-22.
- Glade, M.J., (2010). Caffeine—Not just a stimulant. *Nutrition* 26, 932–938.
doi:10.1016/j.nut.2010.08.004
- González Ulibarry, P. (2019). *Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes*.

Asesoría Técnica Parlamentaria, 1–4.

https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf.

Gouvea, B.M.; Torres, C.; Franca, A.S.; Oliveira, L.S.; Oliveira, E.S. (2009) *Feasibility of ethanol production from coffee husks*. *Biotechnol. Lett.* 2009, 31, 1315–1319.

Hernández, O. A., Ojeda, D. L., López, J. C., & Arras, A. M. (2010). *Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo*. *Tecnociencia Chihuahua*, IV (1), 1–6.

<https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/719/822>

Hečimović, I., Belščak-Cvitanović, A., Horžić, D., Komes, D., (2011). *Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting*. *Food Chem.* 129, 991–1000.

doi:10.1016/j.foodchem.2011.05.059

Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura - Intagri. (2016). *Los Abonos orgánicos. Beneficios, Tipos y contenidos nutrimentales*. Intagri S.C

<https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/los-abonos-organicos-beneficios-tipos-y-contenidos-nutrimentales>

Jun, X., Deji, S., Ye, L., Rui, Z., (2011). *Comparison of in vitro antioxidant activities and bioactive components of green tea extracts by different extraction*

methods. *Int. J. Pharm.* 408, 97–101. doi:10.1016/j.ijpharm.2011.02.002

Lagos, T, C, (2019) *El cultivo del Café (coffea arabica L.) en Nariño: cartilla*

divulgativa / Tulio César Lagos Burbano ... [et al.]. -- San Juan de Pasto: Editorial Universidad de Nariño, 2019. 60 p.: il, col.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). *El 83.5% de los alimentos que consumen los colombianos son producidos por nuestros campesinos. Ministerio de agricultura y desarrollo rural.*

<https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/El-83-de-los-alimentos-que-consumen-los-colombianos-son-producidos-por-nuestros-campesinos.aspx/>

Moreira, M.D.; Melo, M.M.; Coimbra, J.M.; dos Reis, K.C.; Schwan, R.; Silva, C.F. (2008) *Solid coffee waste as alternative to produce carotenoids with antioxidant and antimicrobial activities.* Waste Manag. 2018, 82, 93–99.

Murthy, P.S., Naidu, M.M., (2012). *Recovery of Phenolic Antioxidants and Functional Compounds from Coffee Industry By-Products.* Food Bioprocess Technol. 5, 897–903. doi:10.1007/s11947-010-0363-

Nonthakaew, A., Matan, N., Aewsiri, T., Matan, N., (2015). *Caffeine in foods and its antimicrobial activity.* Int. Food Res. J. 22, 9–14.

Nguyen, A. Tran T, D. Vo, Khanh (2013), Evaluation of Coffee Husk Compost for Improving Soil Fertility and Sustainable Coffee Production in Rural Central Highland of Vietnam, *Resources and Environment*, Vol. 3 No. 4, 2013, pp. 77-82. doi: 10.5923/j.re.20130304.03.

Pardo & Orbegozo, (2022). (rep.). *Bioinsumos: Panorama y oportunidades para el agro colombiano* (pp. 4–10). Bogotá D.C, Bogotá D.C: Corficolombiana.

Pérez-Sariñana, B. Y., & Saldaña-Trinidad, S. (2017). *Chemistry and Biotransformation of Coffee By-Products to Biofuels.* InTech. doi: 10.5772/intechopen.68598

- Ramos Agüero, David, & Terry Alfonso, Elein. (2014). *Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007&lng=es&tlng=es.
- Ramalakshmi, K., Rao, L.J.M., Takano-Ishikawa, Y., Goto, M., (2009). *Bioactivities of low-grade green coffee and spent coffee in different in vitro model systems*. Food Chem. 115, 79–85. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.11.063
- Rathinavelu, R., & Graziosi, G. (1967) ... ICS-UNIDO, 1–4.
Science Park, Padriciano, Trieste, Italia; Departamento de Biología de la Universidad de Trieste
- Rivas, J. A., & Patiño, G. (2021, October 6). *Impactos Ambientales del Sector Agrícola y los Agroquímicos en Casanare en el Periodo 2015 – 2020*. Repositorio Institucional Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42559/jarivasg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salinas-Vargas, M.E., Cañizares-Macías, M.P., (2014). *On-line solid-phase extraction using a C₁₈ minicolumn coupled to a flow injection system for determination of caffeine in green and roasted coffee beans*. Food Chem. 147, 182–188. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.09.134
- Suárez-Quiroz, M.L., González-Rios, O., Barel, M., Guyot, B., Schorr-Galindo, S., Guiraud, J.P., (2004). *Effect of chemical and environmental factors on Aspergillus ochraceus growth*

and toxigenesis in green coffee. Food Microbiol. 21, 629–634.

doi:10.1016/j.fm.2004.03.005

Torres, C. (n.d.). *Uso de pulpa de café en la elaboración de abonos para incrementar la productividad de café.*” Quibdó; Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico.

Volz, R.K., McGhie, T.K., Kumar, S., (2014). *Variation and genetic parameters of fruit colour and polyphenol composition in an apple seedling population segregating for red leaf.* Tree Genet. Genomes 10, 953–964.