

**APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE CULTIVOS DE
FRESA (*FRAGARIA SP.*) HACIA LA ECONOMÍA CIRCULAR - CHOCONTÁ,
CUNDINAMARCA**

Laura Sofía Salamanca Morales

Código. 2253252

Docente:

Giovanna del Pilar Garzón Cortés

Director

Albert Johan Portela Ramírez

Co-director

Universidad Santo Tomás

Vicerrectoría de Universidad Abierta y a Distancia

Administración ambiental y de los recursos naturales

Centro de Atención Universitario

Bogotá

2021

Contenido

Introducción	4
1. Descripción del problema	5
1. Formulación del problema	7
3. Pregunta problema	8
4. Justificación	9
5. Objetivos	10
5.1 Objetivo general	10
6. Marcos	11
6.1 Marco geográfico	11
6.2. Marco Conceptual	12
Residuo	12
Clasificación de los residuos sólidos	12
Compostaje	14
Etapas del proceso de compostaje.	14
3. Etapa de enfriamiento:	15
4. Etapa de maduración:	15
Parámetros presentes en el proceso de compostaje	15
Abonos fermentados tipo bocashi.	15
6.3 Marco Teórico	16
6.4 Marco de Referencia	18
6.4.1 Evolución en el manejo de residuos sólidos	18
6.4.2 Manejo de residuos en Cundinamarca	21
6.4.3 Agricultura circular en Colombia	21
6.5 Marco Normativo	23
7. Metodología	25
8. Resultados	30
Resultado etapa 1	30
Resultado etapa 2.	31
Resultado etapa 3:	34
Resultado etapa 4.	36
9. Conclusiones	41
11. Bibliografía	42
Anexos	44

Índice de tablas

Tabla 1 Normativa Colombiana que abarca temática ambiental y gestión de residuos.	23
Tabla 2 Equipos y materiales.	26
Tabla 3 Registro de control de temperatura y humedad del proceso de compostaje.	27
Tabla 4 Identificación y clasificación de residuos producidos en el cultivo de fresa.	32
Tabla 5 Costos de fertilización mediante fertilizantes orgánicos y costos de producción de Bocashi.	34
Tabla 6 Modelo de economía circular para la fresa.	37
Tabla 7 Resultados del análisis realizado con XRF de las porciones de bocashi obtenidas.	47
Tabla 8 Contenido de micronutrientes en fertilizante comercial.	47

Índice de gráficas

Figura 1 Comparación de fertilizante comercial VS compostajes obtenidos a partir del residuo de cultivo de fresa.	30
Figura 2 Visita a la finca el Tejar.	44
Figura 3 Recolección de material vegetal para producción de Bocashi.	44
Figura 4 Taller sostenibilidad de la fresa, impartido por el grupo de investigación del proyecto Aprovechamiento sostenible de la fresa en Chocontá.	45
Figura 5 Etapa inicial de elaboración de bocashi.	45
Figura 6 Avance de proceso de compostaje.	46

Introducción

De acuerdo con la encuesta nacional agropecuaria (ENA) realizada en el año 2019, la producción agropecuaria nacional fue de más de 63.000.000 toneladas, de las cuales destaca la producción agroindustrial con el 66.7%, 10.1% producción de plátano y tubérculos, 7 % producción de cereales y la producción de frutales superó los 6.000.000 de toneladas representando el 10.6% de la producción agropecuaria nacional, para la obtención de estos productos fue necesario el uso de más de 4.000.000 de hectáreas cosechadas (Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE-, 2019).

Indiscutiblemente la agricultura es uno de los renglones económicos más importantes de Colombia. Sin embargo, en los últimos años se ha generado una gran preocupación, pues esta actividad impacta negativamente en los diferentes ecosistemas, dentro de los principales impactos se identifica principalmente la producción de cantidades importantes de residuos los cuales carecen de disposición y manejo, con lo cual pueden empezar a presentarse como focos de contaminación (Castro-Garzón et al., 2020).

Este es el caso municipio de Chocontá, en la región centro del país donde se destaca por la producción de fresa (*Fragaria sp.*), con más de 100 fincas productivas. Sin embargo, se pudo evidenciar que varios agricultores desconocen el manejo adecuado a los residuos resultantes del ciclo de cosecha y el aprovechamiento que se le puede dar a éstos. Bajo este enfoque, el presente proyecto propone una alternativa para el aprovechamiento de los residuos de cosecha y postcosecha, el cual pueda crear beneficios ambientales a la sociedad local y económicos a los agricultores de la región.

1. Descripción del problema

Resaltando que la actividad agropecuaria se desarrolla principalmente en zonas rurales, se puede identificar una debilidad en el servicio de aseo municipal, pues la agricultura genera diferentes tipos de residuos en su mayoría orgánicos, los cuales son manipulados inadecuadamente y como consecuencia pueden traer efectos adversos en las dimensiones social, económica y ambiental.

Dentro de los efectos ambientales identificados resalta la contaminación de fuentes hídricas y ríos; la emisión de gases de efecto invernadero como metano, dióxido de carbono, Óxido nitroso, entre otros, los cuales son responsables en gran parte del cambio climático, pues se estima que al menos el 5% de estas emisiones provienen de la desintegración de la fracción de desechos orgánicos. Algunas actividades para la gestión de residuos como las quemas también impactan negativamente en la salud, puesto que esta actividad incrementa las afectaciones respiratorias en las personas que la ejecutan, así como en las personas que habitan la zona y que pueden interactuar con estas emisiones resultantes del proceso de quema (Banco Mundial, 2021, Nations United, 2021).

Es evidente que a nivel mundial existe una preocupación relacionada con la cantidad de residuos producidos por el ser humano y el manejo deficiente que se les da, por eso desde diferentes entidades se fomentan alternativas para él la manipulación, disposición y uso de estos, las más comunes y viablemente económicas están orientadas al desarrollo sostenible y la economía circular, mediante la iniciativa innovadora de modelos de valorización de residuos; entre esta incitativa destaca el compostaje de residuos orgánicos que aportan beneficios ambientales, sociales, económicos, entre otros (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Comercio, 2019, Alcaldía Mayor de Bogotá & Secretaria Distrital de Hábitat, 2014).

Para el caso puntual de la producción hortifrutícola, se evidencian pérdidas de producto durante los procesos de manejo de cosecha y postcosecha, de acuerdo con la visita realizada a la finca el tejár, dedicada al cultivo de fresa, se pudo evidenciar que en un día las pérdidas pueden superar los 30kg, en un cultivo de 7000 plantas. Esto obedece a la inadecuada gestión del cultivo y las deficientes BPA,

asociadas a la reducción de pérdidas transferibles al suelo y a la cultura de desperdicios de recursos. De acuerdo con la FAO la pérdida asociada a la actividad agropecuaria representa el 26% de todo el porcentaje de pérdida mundial de alimentos, siendo la producción frutal y de verduras las que más pérdidas representan, aportando el 44% (Departamento Nacional de Planeación, 2016).

La mayoría de estos residuos en productos crudos representa una importante fuente de nutrientes y materia orgánica que debería ser reincorporada al suelo reduciendo la agregación de fertilizantes sintéticos y permitiendo ahorros en los costos de producción. Esto implica repensar el proceso con una mirada distinta como la que propone la economía circular al retomar las condiciones de los ciclos de materia y la energía, donde la asimilación de la materia orgánica con bioprocesos puede favorecer el cuidado del recurso suelo y la reducción de vectores de contaminación con mayor sostenibilidad.

2. Formulación del problema

Durante la etapa de cosecha de fresa (*Fragraria sp.*), en el municipio de Chocontá, Cundinamarca, se debe practicar el control de calidad de la fruta, la fruta que va a ser comercializada debe cumplir con algunas características dependiendo del mercado en el que se va a ser distribuida. Aquella que no cumple con dichas características es descartada, esta cantidad varía de acuerdo con la calidad del cultivo, el cual depende en gran parte de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).

Sin embargo, en un día de cosecha el volumen de fresa descartada supera los 40kg, de acuerdo con la visita realizada a la finca el tejear, dedicada a la producción de fresa, adicionalmente, también se descartan plantas afectadas por plagas y enfermedades y en algunas temporadas del año residuo que se genera de la actividad de poda. Estos residuos carecen de manejo adecuado, puesto que los agricultores optan por opciones como: dárselas como alimento al ganado, quemarlos junto con el residuo de la poda o disponerlos en los suelos esperando su desintegración y generando emisiones de gases de efecto invernadero –GEI- y producción de lixiviados que afectan las condiciones de los suelos.

También se evidencia el desconocimiento de las iniciativas gubernamentales orientadas hacia la sostenibilidad y la economía circular como lo planteado en la Estrategia Nacional de Economía Circular –ENEC- y su propuesta de modelo de valorización de residuos. De acuerdo con lo anterior, se debe proponer alternativas para el manejo y aprovechamiento de los residuos orgánicos generados por el cultivo de la fresa, basadas en los objetivos de la –ENEC y las diferentes alternativas propuestas en la iniciativa de modelos de valoración de residuos y sus diferentes aplicabilidades.

3. Pregunta problema

¿Cómo la economía circular puede promover el aprovechamiento de residuos sólidos en los agricultores de fresa *Fragaria sp.* del municipio de Chocontá?

4. Justificación

El proyecto Aprovechamiento de residuos sólidos de cultivos de *Fragaria sp.* Chocontá, Cundinamarca, está orientado a la estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC), 2019, mediante la iniciativa de modelos de valorización de residuos, la cual pretende dar un manejo adecuado a estos desperdicios y a su vez obtener beneficios económicos, por medio de la reducción de uso de fertilizantes químicos y el aprovechamiento del propio material, implementando un proceso de recirculación, promoviendo la recuperación de los suelos afectados por la explotación agrícola, lo cual se puede traducir en cultivos de mejor calidad.

Una alternativa sostenible al adecuado manejo de la residualidad del cultivo de fresa, es la propuesta de producción del *Bocashi* como un producto semi-compostado, a partir de los frutos descartados y otros residuos orgánicos procedentes del proceso productivo, que aporta al mejoramiento nutricional durante la fase de preparación del suelo, antes de la plantación, al obtener este a partir de fresas, los contenidos de Nitrógeno, Sodio y Potasio destacarán en el producto que son unos de los principales componentes del fruto. Dentro del proyecto, se analizó el costo de producción de Bocashi y el impacto económico que representaría este frente a los procesos de fertilización convencionales que se desarrollan a lo largo del proceso productivo agrícola de la fresa.

Con estos alcances, el desarrollo de este proyecto aporta a la búsqueda de mejores prácticas agrícolas locales, en cuanto al aprovechamiento de los residuos orgánicos, así como a la incorporación de criterios de sostenibilidad de modelos circulares que puedan impulsar transiciones de tipo económico productivo desde los objetivos de la ENEC. De igual manera, este proceso buscó contribuir a los objetivos del proyecto de investigación Institucional liderado por la Universidad Santo Tomas con el Grupo GARN de Aprovechamiento Sostenible de la Fresa.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Proponer un modelo de aprovechamiento de residuos orgánicos provenientes de cultivos de fresa *Fragaria sp.* orientado hacia la economía circular en el municipio de Chocontá, Cundinamarca.

5.2 Objetivos específicos

- Desarrollar una prueba piloto de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para cultivos de fresa *Fragaria sp.*, con enfoque de economía circular.
- Diseñar proceso circularidad de los residuos sólidos orgánicos, para cultivos de fresa *Fragaria sp.* en el municipio.
- Analizar el costo de la valorización de residuos mediante la producción de tipo Bocashi, frente a la práctica tradicional con fertilizantes sintético.

6. Marcos

En este apartado se exponen las diferentes temáticas y conceptos que soportan el planteamiento del problema y el por qué se realiza este proyecto, los cuales ponen en contexto a los lectores. En principio se habla de la localización del proyecto y sus características demográficas y económicas enmarcado, posteriormente abarcamos conceptos que serán empleados durante todo el desarrollo del presente proyecto seguido de los proyectos y temas de referencia. Por último, se toca el tema de la normativa nacional que involucra y aporta soportes para el desarrollo del presente.

6.1 Marco geográfico

El municipio de Chocontá hace parte de los 116 municipios del departamento de Cundinamarca, pertenece a la provincia de Almeydas junto con otros municipios como Manta, Villapinzón, Sesquilé, Suesca, entre otros (Alcaldía Municipal de Chocontá en Cundinamarca, 2021) De acuerdo con el último censo nacional realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), en el año 2018 se reportaron 19.825 habitantes totales censados, de los cuales 9.858 son mujeres y 9.967 hombres, el 52.5% de esta población se encuentra radicada en la cabecera municipal y el porcentaje restante de 47.5% se encuentra en centros poblados rurales y dispersos (DANE, 2019)

La economía del municipio se enfoca principalmente en la agricultura, siendo este el primer renglón económico de la economía municipal, se estima que al menos el 70% de la población ejerce las actividades agropecuarias. En cuanto a la producción agrícola, el principal producto que se produce en el municipio es la papa, con 873 fincas productoras, un área sembrada de 5.240 hectáreas con un rendimiento de 28.1 toneladas por cada hectárea cultivada, con una producción de 150.880 toneladas en el año 2017. Aunque el cultivo de papa es el predominante en la producción agropecuaria, también se pueden encontrar en menor proporción cultivos de hortalizas, arándanos, zanahorias, habas y fresas. Este último ha tomado bastante fuerza en los últimos años, en el punto que existe una sobreproducción, con lo cual el costo comercial se ha visto afectado (Gobernación de Cundinamarca, 2018)

El municipio de Chocontá, en el año 2016 reportó ante la secretaría de agricultura de Cundinamarca 119,5 hectáreas de fresas *Fragaria sp.* sembradas, distribuidas en 102 fincas productivas con cultivos permanentes, las cuales tuvieron un rendimiento promedio de 50 toneladas por cada hectárea cosechada y una producción total de 3.175 toneladas. En el año 2017 se evidenció un incremento en los diferentes componentes productivos, con respecto al año anterior, el área sembrada fue de 142.5 hectáreas, 75.5 hectáreas cosechadas y 3.775 toneladas producidas (Gobernación de Cundinamarca, 2018). Aunque el municipio de Chocontá aporta gran parte de la producción de fresa del departamento de Cundinamarca, La Dirección Técnica de Epidemiología y Vigilancia Fitosanitaria del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en su última actualización realizada en abril del 2021, el municipio no reporta ningún cultivo productivo de fresa habilitado y tampoco reporta compañías exportadoras habilitadas para envíos al principal consumidor en el exterior el cual es Panamá (Instituto Colombiano Agropecuario ICA, 2021).

6.2. Marco Conceptual

Para el desarrollo de este proyecto es importante identificar y entender algunos conceptos básicos, teniendo en cuenta que el proyecto pretende fomentar la valorización de residuos por medio de la transformación de estos en Bocashi, a continuación, se definen los conceptos principales.

Residuo

En el decreto 4741 de 2015, un residuo sólido se define como cualquier sustancia, objeto o material, que se encuentre en cualquier estado de la materia, el cual es contenido en recipientes o materiales y descartado ya que su generador descarta porque ha perdido sus propiedades o porque no puede ser usado nuevamente en la actividad que lo generó (IDEAM, 2021).

Clasificación de los residuos sólidos

Los residuos sólidos se pueden clasificar en los siguientes grupos:

Residuos sólidos orgánicos:

Estos hacen referencia a materiales residuales, que derivan de seres vivos o que proceden de procesos de transformación de combustibles fósiles, en este grupo también se puede encontrar dos grupos. Los Putrescibles, los cuales se caracterizan por su algo grado de humedad y biodegradabilidad, como residuos de animales, de comida y residuos agrícolas. Del otro lado encontramos lo residuos orgánicos no Putrescibles cuyas propiedades se han visto modificadas de tal forma que perdieron su capacidad de biodegradabilidad como el papel, los textiles y los sintéticos tales como los plásticos, el vidrio entre otros (Galvis, 2016).

Según su peligrosidad

Inertes: Estos residuos no representan peligro de contaminación a las fuentes hídricas, los suelos o el aire, ya que estos no tienen cambios físicos, químicos o biológicos (Mercante, 2007).

Peligrosos: Estos residuos se consideran fuentes de riesgo para la salud y el medio ambiente, los cuales son generados por distintas actividades, estos competen una importancia ambiental, ya que los volúmenes incrementan a medida que crece el desarrollo económico, además, la tecnología y las estrategias de tratamiento son deficientes para estos (IDEAM, 2021b).

No peligrosos: Estos residuos no son inertes ni peligrosos, pueden ser almacenados en condiciones similares a los residuos domésticos (Mercante, 2007).

Según su origen

Residuos domésticos: Estos son generados en los hogares, como resultado de las labores domésticas (IDEAM, 2021b).

Residuos industriales: Estos son el resultado de procesos de fabricación, transformación o mantenimiento en las actividades industriales (IDEAM, 2021b).

Residuos de construcción y demolición: Son los resultantes de obras civiles (IDEAM, 2021b).

Residuos agrícolas: estos provienen de procesos de recolección y procesamiento de alimentos como pajas, residuos de invernaderos, podas de frutales y fruta descartada en el proceso de colecta (Castells, 2012).

Compostaje

Este es considerado como una técnica de aprovechamiento completo de materia orgánica, mediante el cual se generan condiciones óptimas para que los organismos descomponedores, mediante fermentación produzcan un abono orgánico de excelente calidad. Su producción cuenta con varias ventajas, dentro de las que destacan que es una tecnología simple y económica, la recuperación de los nutrientes presentes en los residuos es casi del 50%, produce microorganismos benéficos y el nitrógeno se libera lentamente. Este al ser aplicado directamente en el suelo activa procesos microbiales, los cuales incrementan la capacidad de retención de humedad y aporta pequeñas cantidades de nutrientes. Este tipo de técnicas cobran una gran importancia en el sector agrícola, pues la capacidad productiva y la fertilidad de los suelos se incrementa (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009; Serna & Isaza, 2017).

Etapas del proceso de compostaje.

1. Etapa mesófila:

El proceso de descomposición inicia a temperatura ambiente, al poco tiempo la temperatura empieza a incrementar debido a la actividad microbiana, en esta etapa el pH experimenta una acidificación debido a descomposición de compuestos solubles como azúcares. (Alcaldía Mayor de Bogotá & Secretaria Distrital de Hábitat, 2014.)

2. Etapa Termófila o de Higienización:

Cuando el material supera el pico de temperatura, entre 40°C y 45°C, las bacterias filamentosas y los hongos entran a sustituir a los organismos mesófilos, las bacterias termófilas facilitan la degradación de fuentes de carbono complejas como la lignina y la

celulosa. El calor que se produce durante esta etapa destruye contaminantes y bacterias de naturaleza fecal, lo que da lugar a un producto higienizado. (Alcaldía Mayor de Bogotá & Secretaria Distrital de Hábitat, 2014.).

3. Etapa de enfriamiento:

Una vez la disponibilidad de carbono es agotada, la temperatura empieza a descender, sin embargo, la degradación de polímeros continua y aparecen hongos visibles. Al descender la temperatura se da una reactivación de organismos mesófilos los cuales alcalinizan la mezcla (Alcaldía Mayor de Bogotá & Secretaria Distrital de Hábitat, 2014.)

4. Etapa de maduración:

Durante esta etapa se producen reacciones secundarias de polimerización y condensación, las cuales dan lugar a ácido húmicos y fúlvicos (Alcaldía Mayor de Bogotá & Secretaria Distrital de Hábitat, 2014.).

Parámetros presentes en el proceso de compostaje

1. Temperatura

Este parámetro varía durante todo el proceso de compostaje, según con la teoría la temperatura mínima es de 15°C y la máxima 45°C.

2. Humedad: El porcentaje de humedad optimo del proceso del proceso está entre 45-65%, ya que esta facilita las funciones metabólicas de los microorganismos que participan en el proceso de degradación.

3. pH: Este al igual que la temperatura es un parámetro variable, sin embargo, al finalizar el proceso de compostaje se espera tener un pH neutral cercano a 7.

(Alcaldía Mayor de Bogotá & Secretaria Distrital de Hábitat, 2014.)

Abonos fermentados tipo bocashi.

La obtención de este tipo de abonos depende principalmente de someter residuos orgánicos a un proceso de descomposición anaerobia y termófila, a través de microorganismo propios

de los residuos. Que, bajo unas variables controladas, permiten obtener un producto estable por medio de una lenta descomposición (Restrepo Rivera, 2001) .

Este proceso contempla varias ventajas, dentro de las que se destacan: Ausencia de gases tóxicos y malos olores durante el proceso, inactivación de agentes patogénicos perjudiciales para la salud, Fácil manipulación y almacenamiento de los materiales para producirlo(Restrepo Rivera, 2001).

6.3 Marco Teórico

Para comprender la importancia de fomentar este tipo de iniciativas y estrategias se propone entender cómo surge el concepto de economía circular como herramienta del desarrollo sostenible y sustentable.

El concepto o idea de economía circular es relativamente nuevo, aunque son varios los autores que han intentado definirlo, en la década de los 70 esta estrategia se empezó a implementar en los procesos económicos e industriales y desde ese momento ha tomado mucha fuerza. El arquitecto Walter Stahel visualizó la economía circular con una gran capacidad de creación de empleo, ahorro de recursos, minimización en la generación de residuos y una excelente estrategia de competitividad económica. Esta idea surge con el propósito de transformar el sistema productivo lineal de producción y consumo, reduciendo el uso o aplicación de recursos renovables, fomentando el desarrollo socioeconómico de manera sostenible, de forma que las funciones ecosistémicas no se vean involucradas y permita proteger la disponibilidad de los recursos naturales para las generaciones venideras, por medio de la reducción y eliminación de residuos, y la reutilización y valorización de los mismos (Roberto & Morocho, 2018).

Esta estrategia dentro del concepto de desarrollo sostenible tiene un objetivo netamente ambiental, el cual es: minimizar la necesidad de material virgen en los sistemas de producción y consumo, la necesidad de energía y la generación de residuos y emisiones. Esta estrategia trae beneficios económicos ya que se reduce el costo de las materias primas y ambientales ya que la necesidad de extraer recursos energéticos y naturales del medio ambiente se reduce significativamente (Roberto & Morocho, 2018).

Es importante entender que el desarrollo sostenible integra diferentes variables o dimensiones, estas son económica, ambiental, política y social principalmente. Establecer la relación entre estas dimensiones permite fortalecer y fomentar el desarrollo sostenible, sin dejar de lado ningún aspecto. La dimensión ambiental propone que el uso de los recursos naturales debe corresponder a las necesidades de las generaciones en el presente y el futuro; la dimensión social, establece que el desarrollo debe estar orientado a las necesidades de las generaciones; la dimensión económica propone darle un valor a los recursos naturales y la dimensión política define la participación que deben tener las entidades gubernamentales para promover y fortalecer el desarrollo sostenible (Artaraz, 2003; Gutiérrez Miguel & Gutiérrez Ester, 2006).

Como se evidencia anteriormente el manejo y disposición de residuos es un factor importante que contempla el desarrollo sostenible y la economía circular, tradicionalmente siempre se ha dado el uso de enmiendas orgánicas como el abono orgánico y bocashi. Estos se destacan por sus contenidos nutricionales y la carga microbial que contienen. dichas alternativas de aprovechamiento de residuos transformándolos en abonos orgánicos poseen beneficios ambientales y económicos importantes. A nivel ambiental se reduce la disposición inadecuada de residuos sólidos la cual produce diferentes agentes contaminantes como: emisión de gases de efecto invernadero que afectan la calidad del aire, producción de lixiviados que causan acidificación en los suelos, entre otros. La producción de fertilizantes orgánicos fermentados como Bocashi puede entenderse como un proceso de semidescomposición aeróbica de residuos orgánicos por poblaciones de microorganismos presentes en el propio residuo en condiciones controladas que producen un material parcialmente estable y de lenta descomposición, capaz de fertilizar las plantas. y al mismo tiempo nutre el suelo.

Algunas ventajas del proceso de producción de compost orgánico fermentado de tipo Bocashi son (Ramos & Terry, 2014):

- No se forman gases tóxicos ni malos olores gracias a los controles realizados en cada etapa del proceso de fermentación, evitando cualquier inicio de putrefacción.
- Se facilita el manejo del compost, su almacenamiento, transporte y disposición de los materiales para su elaboración.

- Se pueden construir en la mayoría de los entornos y climas donde se desarrollan las actividades agrícolas.
- Los patógenos se autorregulan en el suelo, mediante inoculación biológica natural, principalmente de bacterias, actinomicetos, hongos y levaduras.
- Existe la posibilidad de utilizar el producto final en cultivos, en un período relativamente corto y a muy bajo costo.
- El crecimiento de las plantas es promovido por una serie de fitohormonas naturales y reguladores del crecimiento de las plantas que se activan a través de fertilizantes fermentados.
- No requiere inversiones económicas muy elevadas en obras de infraestructura rural.
- Los diferentes materiales se encuentran disponibles en las distintas áreas de trabajo, además de la creatividad de los agricultores, permiten que las formulaciones o recetas sean variadas, haciéndolas más aptas para cualquier actividad agrícola y condición rural. (Ramos et al., 2013)

6.4 Marco de Referencia

6.4.1 Evolución en el manejo de residuos sólidos

El crecimiento de la población mundial es una constante, en el año 2020 el planeta superó una población de 7.000 millones de habitantes, lo que representa una tasa de crecimiento del %. Este crecimiento en la población impulsa la industria y la agricultura, sin embargo, así mismo se incrementa la cantidad de residuos que se deben manejar (Datos Mundial, 2021).

El manejo y disposición de residuos ha presentado cambios a través del tiempo, en un principio en la antigua Roma la eliminación de residuos se basaba en la disposición de estos junto con las aguas residuales en las redes de alcantarillado, en la isla de Creta estos residuos eran mezclados y enterrados junto con las aguas residuales. En su momento estas prácticas fueron aceptables, sin embargo, con el crecimiento poblacional y la aparición de nuevos bienes y servicios, estas prácticas se volvieron insostenibles ya que algunos de estos nuevos bienes eran fabricados a partir de materiales que resisten mejor la degradación ambiental y su descomposición tomaba más tiempo, un claro ejemplo son los

plásticos, por otra parte la disposición de estos sin ningún tratamiento y a cielo abierto traía o trae consigo, animales nocivos transmisores de enfermedades que afectan directamente a las poblaciones aledañas a los vertederos de basuras (Chávez Porras & Rodríguez González, 2016; Montes, 2018)

En Colombia la gestión de residuos no ha sido la más adecuada y trae consigo una deuda ambiental incalculable, ya que la contaminación dada por las prácticas deficientes de disposición de residuos recae sobre cuerpos de agua importantes del país. A medida que avanza la sociedad colombiana se ha podido identificar las debilidades que existen a nivel gubernamental en cuanto a la gestión de residuos, en principio se puede identificar la deficiencia en las políticas orientadas a la conservación ambiental, la distribución presupuestal municipal donde el rubro de servicios públicos de aseo es insuficiente para alcanzar la cobertura total del servicio de aseo en los municipios, lo que implica que la población aplique estas técnicas perjudiciales al medio ambiente y a la salud (Chávez Porras & Rodríguez González, 2016).

En la década de los años 70 surgen las primeras medidas de gestión de residuos en Colombia, sin embargo, estas carecían de propósitos de sostenibilidad ambiental. Con la redacción de la constitución política de Colombia en 1991, el modelo económico nacional le dio la importancia necesaria a la protección ambiental, dando como resultado la creación del Ministerio de Ambiente en 1993, uno de los primeros objetivos de este ministerio fue crear estrategias de gestión integral y ambiental a los residuos sólidos, el ministerio identificó situaciones importantes que tomaron como punto de partida para la formulación de políticas ambientales estas eran: 1. Incremento constante en la producción de residuos sólidos como resultado de los modelos de consumo insostenibles, 2. Deficiente o nulo aprovechamiento de los residuos generados, 3. Modelos de disposición final incontrolables predominantes, 4. Subestimación de la problemática ambiental asociada a la deficiente gestión de residuos, 5. Desarrollo institucional deficiente junto con falta de educación y compromiso social con la importancia de la adecuada gestión de los residuos sólidos. De acuerdo con las 5 anteriores problemáticas, el ministerio se establece como meta minimizar la generación de residuos, haciendo partícipe a la comunidad como los actores que realizan la separación en la fuente de generación, con el

fin de darle aprovechamiento a estos, también se propone como meta, reducir los impactos asociados a la disposición final de estos, promoviendo el cierre de los botaderos a cielo abierto, la prohibición de las quemas y de la disposición en cuerpos de agua. Sin embargo, sólo a principios del siglo XXI expiden las primeras políticas públicas que contemplan el cuidado de medio ambiente, en ellas destaca la resolución 1045 de 2003, por medio de la cual se adopta la metodología para la elaboración de planes de gestión integral de residuos sólidos, PGIRS (Chávez Porras & Rodríguez González, 2016). Y aunque desde el gobierno se han promovido diferentes estrategias de participación ciudadana para el aprovechamiento de residuos, el modelo de gestión de residuos nacional consiste principalmente en la eliminación de estos, mas no en modelos de aprovechamiento y valorización.

En el marco del plan nacional de desarrollo, 2018-2022, se exponen los objetivos, lineamientos, planes y programas e inversiones que se realizarán durante el mandato del actual presidente, dentro de él destacan los planes transversales y para el caso de este proyecto nos enfocaremos en el pacto transversal de sostenibilidad, el cual tiene como objetivo promover el desarrollo productivo, de la mano de la conservación medioambiental y que a su vez potencie nuevos modelos económicos, asegurando la disponibilidad de recursos naturales para las generaciones venideras, este pacto transversal reconoce que Colombia está dentro de los 50 países que más emiten gases de efecto invernadero, además del bajo desempeño en el uso del suelo y el agua, consumiendo 2,8% más de materias primas, como parte de este plan de desarrollo surge la iniciativa de la estrategia nacional de economía circular, la cual busca transformar los sistemas productivos tradicionalmente lineales, en modelos circulares. Este modelo promueve beneficios sociales, ambientales y económicos, este último se obtiene a partir de la valorización de recursos en diferentes ciclos, lo cual trae consigo una reducción en los costos de producción. Esta estrategia de transformación implica cambios en el desarrollo productivo y los sistemas de consumo, para esto se enlistan cinco iniciativas innovadoras de la economía circular: (Departamento Nacional de Planeación, 2019; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Comercio, 2019).

Modelo de valorización de residuos: Los residuos son utilizados en distintas aplicaciones.

Modelos circulares: Materiales reutilizados en la misma aplicación.

Modelos de extender la vida útil: Rediseño de productos y procesos que generen menor impacto.

Modelos de productos como servicios: Servicios para compartir productos entre usuarios.

Modelos de plataforma: Uso de tecnología de información y Data para optimizar servicios.

6.4.2 Manejo de residuos en Cundinamarca

En el año 2014, la gobernación de Cundinamarca publicó el primer Plan de gestión ambiental de residuos sólidos (PGIRS) municipales, junto con la formulación de la línea política de residuos sólidos del departamento de Cundinamarca, esta tiene como fundamento el Decreto Ley 2811 de 1974 y el código sanitario Nacional, los cuales manifiestan la necesidad de implementar directrices que promuevan el desarrollo y la gestión consecuente del manejo de residuos sólidos. En el año 2019, la contraloría del departamento de Cundinamarca, publicó el documento de Gestión Integral de los Residuos Sólidos en el departamento de Cundinamarca, en él se expone el tipo de prestador de servicio de aseo y recolección de residuos y porcentaje de cobertura para cada uno de los municipios del departamento Cundinamarqués, puntualmente para el municipio de Chocontá entre el año 2017 y 2019, la cobertura del servicio de recolección ha sido constante, el 100% área urbana del municipio cuenta con este servicio alcanzando más de 2.500 suscriptores. Sin embargo, esta misma suerte es indiferente en el área rural pues sólo el 5% de esta población cuenta con el servicio.

6.4.3 Agricultura circular en Colombia

Colombia es uno de los países pioneros en fomentar y crear estrategias de economía circular; En septiembre del año 2018, el departamento de agricultura de los Países Bajos desarrolló una estrategia en la cual expone cómo deben ser implementadas las estrategias de agricultura circular en Colombia, en esta se destaca la disposición de los diferentes actores de los sectores público y privados para trabajar junto con el gobierno holandés en la implementación de esta estrategia (Ministerio de Agricultura, 2020).

Esta estrategia tiene como objetivo realizar la transición de la agricultura tradicional hacia la agricultura circular durante los próximos años, en ella resaltan varias áreas del sector agrícola para priorizar: 1. El consumo de agua para el sector de producción de palma, flores, café y banano, 2. Valorización de la biomasa resultante de la producción de café, aceite de palma, 3. Reducción del uso de plásticos de un solo uso en cultivos de flores y banano, 4. Manejo integrado de plagas en cultivos de flores, banano y producción de aceite de palma, 5. Alternativas para la importación de insumos para el sector avícola y porcícola, 6. Valorización de los residuos de animales en el sector agrícola y Porcicola (Ministerio de Agricultura, 2020). Aunque esta estrategia fortalecerá las relaciones diplomáticas y comerciales entre los países bajos y Colombia, aún no contempla otras producciones agrícolas importantes del país como la papa y otra variedad de frutales.

6.5 Marco Normativo

Desde la redacción de la constitución Política de Colombia, el Gobierno Nacional ha creado diferentes documentos en los cuales se destaca y se promueve la protección y la conservación ambiental. Se realiza una revisión bibliográfica donde se identifican los principales documentos que aplican para el desarrollo de este proyecto, estos se detallan a continuación (Ver tabla 1).

Tabla 1 Normativa Colombiana que abarca temática ambiental y gestión de residuos.

Norma, Ley, o decreto	Descripción	Relación con el proyecto
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio de Ambiente y el Sistema Nacional de Ambiental SINA.	Uno de sus principios fundamentales es fomentar el desarrollo social y económico bajo los principios del desarrollo sostenible.
Decreto 596 de 2016	Promueve el incremento de tasas de aprovechamiento de los residuos sólidos en el país.	Establece las condiciones de presentación de los residuos para poder ser aprovechados.
Decreto ley 2811 de 1974	Dicta el código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de protección al medio ambiente.	Establece que el gobierno y la población civil, deben participar en la preservación y manejo ambiental.
Decreto 1505 de 2003	Aprovechamiento en el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos.	Promueve a través de un manejo integral de los residuos sólidos, que los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios

		sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos.
Resolución 1274 de 2006	Establece pautas específicas para desarrollar Evaluaciones de Impacto Ambiental, describe los procesos de mitigación y define las estrategias para la compensación social.	Da los lineamientos para establecer el impacto ambiental que se puede generar por el no aprovechamiento de residuos y su deficiente manipulación.
Resolución 0754 del 25 de noviembre de 2014	Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos.	Brinda herramientas para identificar las falencias o deficiencias en los PGIRS del Municipio de Chocontá.
CONPES 3874	Política Nacional para la Gestión Integral de residuos sólidos.	propone avanzar hacia una economía circular, la cual busca que el valor de los productos y materiales se mantengan durante el mayor tiempo posible en el ciclo productivo.
Estrategia nacional de economía circular	introduce nuevos elementos para fortalecer el modelo de desarrollo económico, ambiental y social del país, a partir del principio “producir conservando y conservar produciendo”. En línea con los fundamentos del desarrollo sostenible y tendencias internacionales, con la estrategia se promueve la eficiencia en el uso de materiales, agua y energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas y el uso circular de los flujos de materiales	El proyecto se centra en esta estrategia, ya que esta promueve la valorización de residuos, los cuales pueden ser utilizados en diferentes aplicaciones.
Plan Nacional de Desarrollo 2018- 2022	garantizará el control institucional del territorio, haciendo frente a la criminalidad y a las economías ilegales.	El pacto transversal por la sostenibilidad, que plantea un equilibrio entre el desarrollo

		productivo y la conservación ambiental.
--	--	---

Fuente: Elaboración propia

Una vez consultada y analizada esta documentación se puede concluir que Colombia cuenta con una reglamentación y un plan de trabajo el cual promueve el desarrollo sostenible en los diferentes sectores productivos y que existen herramientas de sostenibilidad por medio de las cuales se puede fomentar y fortalecer el sector agrícola del país.

7. Metodología

El presente proyecto contempla investigación de tipo cualitativo y cuantitativo, con acciones experimentales, las cuales logran dar alcance a los objetivos previstos, para ello se han contemplado las siguientes 4 etapas: *i.* Desarrollo de la prueba piloto de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, por medio de la producción de bocashi a partir del residuo sólido vegetal proveniente de cultivos de fresa; *ii.* Propuesta de circularidad para los residuos sólidos de cultivo de fresa; *iii.* Análisis del costo beneficio de la producción y aplicación del producto obtenido en los cultivos de fresa y finalmente; *iv.* Analizar el costo de la valorización de residuos mediante la producción de Bocashi, frente a la práctica tradicional con fertilizantes sintético. Inicialmente se establecieron los primeros contactos con los agricultores de la región, por medio de la invitación a Taller corto titulado Nuevas ideas para fortalecer la producción de fresa, liderado por el grupo de investigación Aprovechamiento sostenible de la fresa en Chocontá, de la Universidad Santo Tomás.

Etapas I: Desarrollo de la prueba piloto de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, por medio de la producción de bocashi a partir de residuos orgánicos aprovechables, resultantes del proceso productivo de cultivos de fresa del municipio de Chocontá. Para la elaboración de este Compost se utilizó el residuo vegetal resultante de la cosecha de fresa de la finca el Tejar de la siguiente manera: El día 3 de agosto del 2021, junto con los agricultores de la finca el Tejar se realizó una visita, liderada por Edison Farfán, quien realizó la gestión que nos permitió recolectar el material vegetal descartado.

1. Durante la visita realizada a la finca el Tejar, fueron recolectados 60,3 kilogramos de residuo vegetal aprovechable, compuestos principalmente de fresa descartada durante el proceso de colecta del fruto y residuo de poda.
2. De acuerdo con la bibliografía consultada (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (C E N TA), 2011), una vez este material fue trasladado a la finca El Regalo, ubicada en municipio de Guatavita en Cundinamarca, lugar donde se produjo el bocashi, era necesario contar con los siguientes insumos y equipos para el desarrollo del mismo:
3. Los equipos y materiales necesarios para el proyecto se pueden evidenciar en la siguiente tabla (ver tabla 2)

Tabla 2 Equipos y materiales.

Equipos y materiales			
Equipo	Cantidad	Materiales	Cantidad
Termómetro de mercurio lomo amarillo escala 0.5°C	1	Gallinaza	30 kg
Higrómetro HTC-2	1	Fresa descartada	34 kg
Sonda de Ph aqua	1	Residuo de poda	12.8 kg
		Melaza	3,5 L
		Yogurt	4 L

Fuente. 1 Elaboración propia.

Reunidos los materiales enunciados en el cuadro anterior, se procedió a dividir en 2 porciones iguales la gallinaza, la fresa de descarte y el residuo de la poda, a una porción (A) con un peso de 30.2 kg se le agrego melaza y a la otra porción (B), con el mismo peso, se le adicionó yogurt, cada una fue incorporada en una bolsa de polietileno negro con dimensiones de 90 * 120 cm y con capacidad de almacenar 140 Lt, dentro de esta se mezclaron hasta obtener homogeneidad de los componentes. A partir del día 07 de agosto de 2021, se agitó una vez al día el material y fueron verificadas como controladas las variables de:

- Temperatura inferior a 45°C.
- La humedad en la etapa inicial no debe superar el 60%.

- el pH al final del proceso deberá estar en valores neutros.

Este registro es visible en la tabla 3, donde se relacionan día a día los datos obtenidos por cada variable además del volteo.

Tabla 3 Registro de control de temperatura y humedad del proceso de compostaje.

Día	Bicashi Melasa 66.5 Lb				Bocashi Yogurt 66.5 Lb		
	Parámetro	am	pm		Parámetro	am	pm
1	% Humedad		55		% Humedad		46
	Temperatura °c		16.8		Temperatura °c		15
2	% Humedad	71	69		% Humedad	70	74
	Temperatura °c	15.1	17.8		Temperatura °c	14.1	15.8
3	% Humedad	70	65		% Humedad	75	68
	Temperatura °c	13.8	17.8		Temperatura °c	13	16.5
4	% Humedad	75	67		% Humedad	78	69
	Temperatura °c	14.9	16.1		Temperatura °c	13.9	14.9
5	% Humedad	75	71		% Humedad	78	73
	Temperatura °c	12.9	15.8		Temperatura °c	12.8	15
6	% Humedad	72	70		% Humedad	73	71
	Temperatura °c	13	16.5		Temperatura °c	12.4	15
7	% Humedad	67	74		% Humedad	69	78
	Temperatura °c	13.8	16.4		Temperatura °c	13.1	14.9
8	% Humedad	65	70		% Humedad	70	71
	Temperatura °c	14.1	16.6		Temperatura °c	13.1	15.2
9	% Humedad	71	70		% Humedad	72	69
	Temperatura °c	14.3	16.2		Temperatura °c	12.7	14.1
10	% Humedad	69	68		% Humedad	68	68
	Temperatura °c	15.6	16.7		Temperatura °c	14.6	15.3
11	% Humedad	66	65		% Humedad	67	66
	Temperatura °c	15.8	17.2		Temperatura °c	15.1	16.5
12	% Humedad	65	63		% Humedad	65	64
	Temperatura °c	17.5	18.2		Temperatura °c	18.0	18.5
13	% Humedad	62	60		% Humedad	62	59
	Temperatura °c	17.6	19.2		Temperatura °c	17.2	20.2
14	% Humedad	59	54		% Humedad	58	56
	Temperatura °c	17.6	19.3		Temperatura °c	18.6	19.6
15	% Humedad	55	53		% Humedad	54	52
	Temperatura °c	17.6	19.5		Temperatura °c	17.4	20.1
16	% Humedad	66	65		% Humedad	67	66
	Temperatura °c	15.8	17.2		Temperatura °c	15.1	16.5
17	% Humedad	65	63		% Humedad	65	64
	Temperatura °c	17.5	18.2		Temperatura °c	18.0	18.5
18	% Humedad	62	60		% Humedad	62	59
	Temperatura °c	17.6	19.2		Temperatura °c	17.2	20.2
19	% Humedad	59	57		% Humedad	58	56
	Temperatura °c	16.5	18.5		Temperatura °c	18.6	19.3
20	% Humedad	56	55		% Humedad	55	54
	Temperatura °c	16.3	17.3		Temperatura °c	17.6	18.3
21	% Humedad	54	53		% Humedad	52	51
	Temperatura °c	16.5	17.6		Temperatura °c	17.8	18.6
22	% Humedad	52	50		% Humedad	50	48
	Temperatura °c	15.9	17.4		Temperatura °c	16.2	17.3
23	% Humedad	51	49		% Humedad	51	49
	Temperatura °c	16.5	17.4		Temperatura °c	15.4	16.8
24	% Humedad	50	48		% Humedad	50	49
	Temperatura °c	15.8	16.3		Temperatura °c	14.6	14.8
25	% Humedad	49	47		% Humedad	51	48
	Temperatura °c	14.6	15.2		Temperatura °c	14.5	16.2

4. Finalizado el proceso de compostaje, se tomó una muestra del producto de 0.5 kg, la cual fue trasladada a un laboratorio en Bogotá, donde se realizó el respectivo análisis para identificar la composición elemental y contenido de macronutrientes de este. esta composición fue determinada por medio de la técnica de fluorescencia de rayos X. Una vez se obtuvo el resultado del análisis de macronutrientes como: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), (Fe) hierro, se procedió a realizar una prueba piloto en un espacio ubicado en la finca el regalo, en el municipio de Guatavita, en Cundinamarca, 8 días previo a la siembra de las plántulas de fresa fue aplicado el 300 gr de bocashi, por cada plántula sembrada, con el propósito de evaluar su aporte al suelo en cuanto a los macronutrientes necesarios para el desarrollo del cultivo.

Para el cultivo de fresa de la prueba piloto, se definió un área de 80 cm de ancho por 3 m de largo, en este se establecieron las camas de cultivo de la siguiente manera: altura de la cama 30 cm por 70 cm de ancho, de igual forma se instaló un sistema de riego por goteo a lo largo de la cama, las plántulas fueron sembradas a lo largo de la cama con una distancias de 25cm entre ellas de acuerdo con el manual de la fresa (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

Con la intención de contar con un nuevo modelo de circularidad, aplicando los residuos resultantes del cultivo y cosecha de la finca el tejar como recursos para su posterior transformación se procede a la etapa II

Desarrollada esta etapa, se da secuencia a la etapa II.

Etapa II: Diseño de circularidad para los cultivos de fresa en Chocontá.

Para diseñar la circularidad, se definió trabajar únicamente durante las cuatro (4) etapas que se desarrollan en el cultivo de fresa, las cuales se enuncian a continuación: *i* preparación del suelo, *ii* Siembra, *iii* Fertilización y manejo fitosanitario, *iv* cosecha y post-cosecha, para esto fue necesario consolidar el proceso productivo, el cual se reconoció por medio de visitas de campo realizadas a lo largo de cada etapa del cultivo durante 4 meses. Cada una de las etapas y actividades fueron registradas

en una tabla basada en el modelo MED, así mismo en esta matriz se identificaron los tipos de residuos proveniente de cada actividad, los cuales fueron clasificados como RESPEL o residuos aprovechables identificados con color amarillo y verde respectivamente. Ver tabla 5. Una vez identificados y clasificados estos, procede a diseñar el modelo circular de aprovechamiento de residuos orgánicos dentro del mismo cultivo.

Etapas III: Analizar el costo de la valorización de residuos mediante la producción de bocashi, frente a la práctica tradicional con fertilizantes sintéticos.

Para dar alcance a esta etapa, se presentarán los costos en los que se incurre para producir bocashi, una vez determinados estos valores se comparará con el costo económico en el que incurren los agricultores, al tener que adquirir este tipo de fertilizantes sintéticos.

Por otra parte, se quiere exponer el aspecto del beneficio ambiental, mediante el análisis de las huellas ambientales que se generan a partir de la compra de fertilizantes sintéticos.

Etapas IV: revisar y aplicar

Una vez culminadas las etapas anteriores se espera dar cumplimiento al objetivo general, ya que este establece proponer un modelo de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos orientado hacia la economía circular, por medio del aprovechamiento de residuos provenientes del cultivo de fresa desarrollado en el municipio de Chocontá – Cundinamarca, esto se logra por medio del desarrollo de las etapas anteriores las cuales permiten implementar e integrar todos los requerimientos necesarios para desarrollar alternativas mediante la estrategia de valorización de residuos como un modelo de sostenibilidad en el sector agrícola.

8. Resultados

Resultado etapa 1

Una vez concluido el proceso de producción de Bocashi, se obtuvo 9.6 kilogramos y 8.3 kg de las porciones de bocashi A y B respectivamente, a partir de 30,2 kilos de residuos, dicho proceso de obtención al ser de ciclo corto se esperaba tomar entre 10 y 15 días aproximadamente, sin embargo, por la temperatura ambiental del lugar la cual fue inferior a los 20°C, este proceso tomó más de 20 días. El producto final se analizó con el propósito de identificar si su composición elemental cumple con las características y contenido de macronutrientes, de tal forma que este pueda utilizarse como alternativa al uso de fertilizantes sintéticos.

los resultados de laboratorio realizados por medio de la técnica de fluorescencia de rayos X arrojaron los resultados que se observan en la figura 1 los resultados obtenidos son dados en unidad de ppm, para realizar la respectiva comparación con un fertilizante comercial estos valores fueron convertidos a unidad de porcentaje tomando como referencia que 1 ppm equivale a 0,0001%. Los resultados obtenidos pueden ser observados en los anexos tabla 7 & 8.

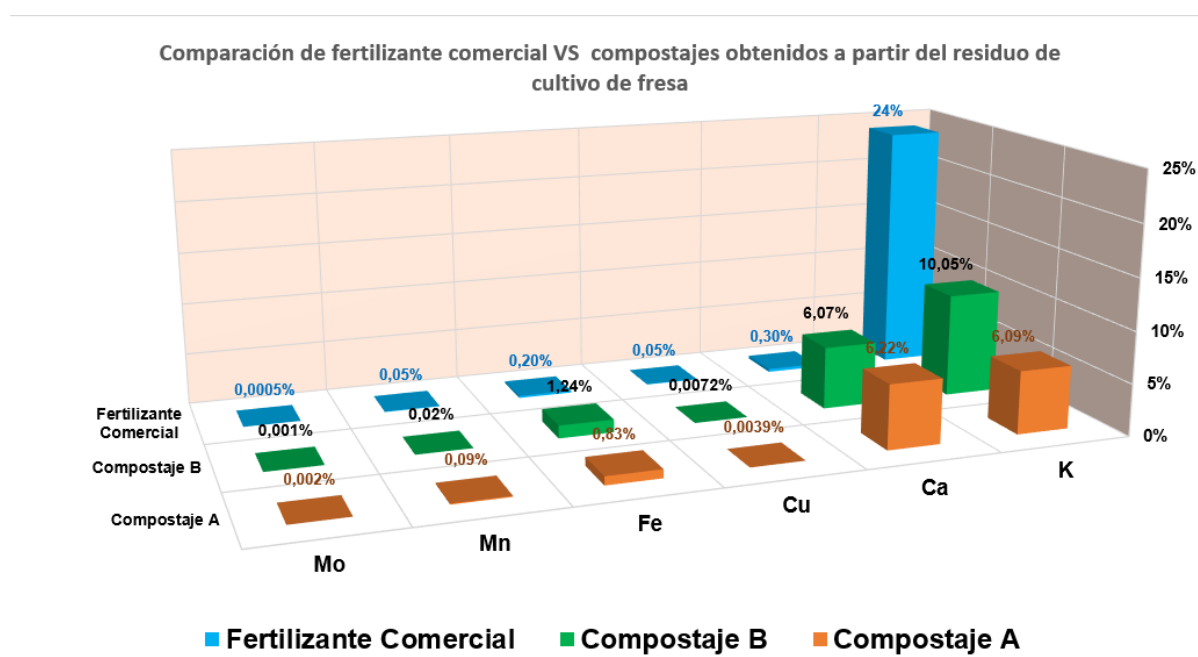


Figura 1 Comparación de fertilizante comercial VS compostajes obtenidos a partir del residuo de cultivo de fresa

El análisis se realizó mediante fluorescencia de rayos X la cual nos permitió identificar el contenido elemental presente en el bocashi obtenido, esto se hace con el fin de confirmar la concentración presente de elementos como Potasio (K), Fósforo (P) y Calcio (Ca) los cuales son elementos que conforman la composición de los suelos donde se va a establecer un cultivo de fresas.

Una vez culminado el análisis, se comprobó el contenido de elementos claves para el desarrollo de un cultivo, dentro de los que se destaca el Calcio (Ca) en mayor proporción particularmente para la porción B ya que esta se preparó con yogurt, se confirma la presencia de otros elementos como el Potasio (K) y el hierro (Fe), así mismo existe presencia de trazas de elementos en menores proporciones, como Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Rubidio (Rb). Sin embargo, debido a la técnica implementada no es posible analizar contenidos de Nitrógeno (N), un elemento importante en el cultivo y otros elementos.

Adicionalmente este fue comparado con la composición de un fertilizante comercial de aplicación en cultivos de frutales (Ver anexo xxx) y el contenido de elementos coincide, aunque varía su contenido, principalmente en el elemento Potasio (K), el cual está presente en mayor proporción en el fertilizante comercial con el 24% con respecto al 10,05% de la porción B y al 6,09% de la porción A. Los elementos presentes en cada uno, poseen un contenido similar en todos los casos y su contenido no varía en más de un 1% entre ellos.

Resultado etapa 2.

Partiendo de los resultados y productos obtenidos en la etapa I, Se procedió a establecer la propuesta de circularidad para aplicar en el cultivo de fresa, para este, se tomó como referente los residuos orgánicos resultantes de un día en época de cosecha, del cultivo que se desarrolla en la finca el Teja, en el municipio de Chocontá, este tiene alrededor de 6.000 plantas productivas

Para lo cual se propuso una estructura de información con apoyo en la herramienta informática tipo tabla de Office- Excel, la cual permitió identificar los tipos de residuos provenientes de las diferentes etapas del proceso productivo, Se identificaron residuos tipo RESPEL, resultantes de las actividades de fertilización y algunos polímeros sobrantes de proceso de establecimiento del cultivo. A continuación, se relacionan las diferentes etapas del cultivo y su respectivo residuo (ver tabla 6).

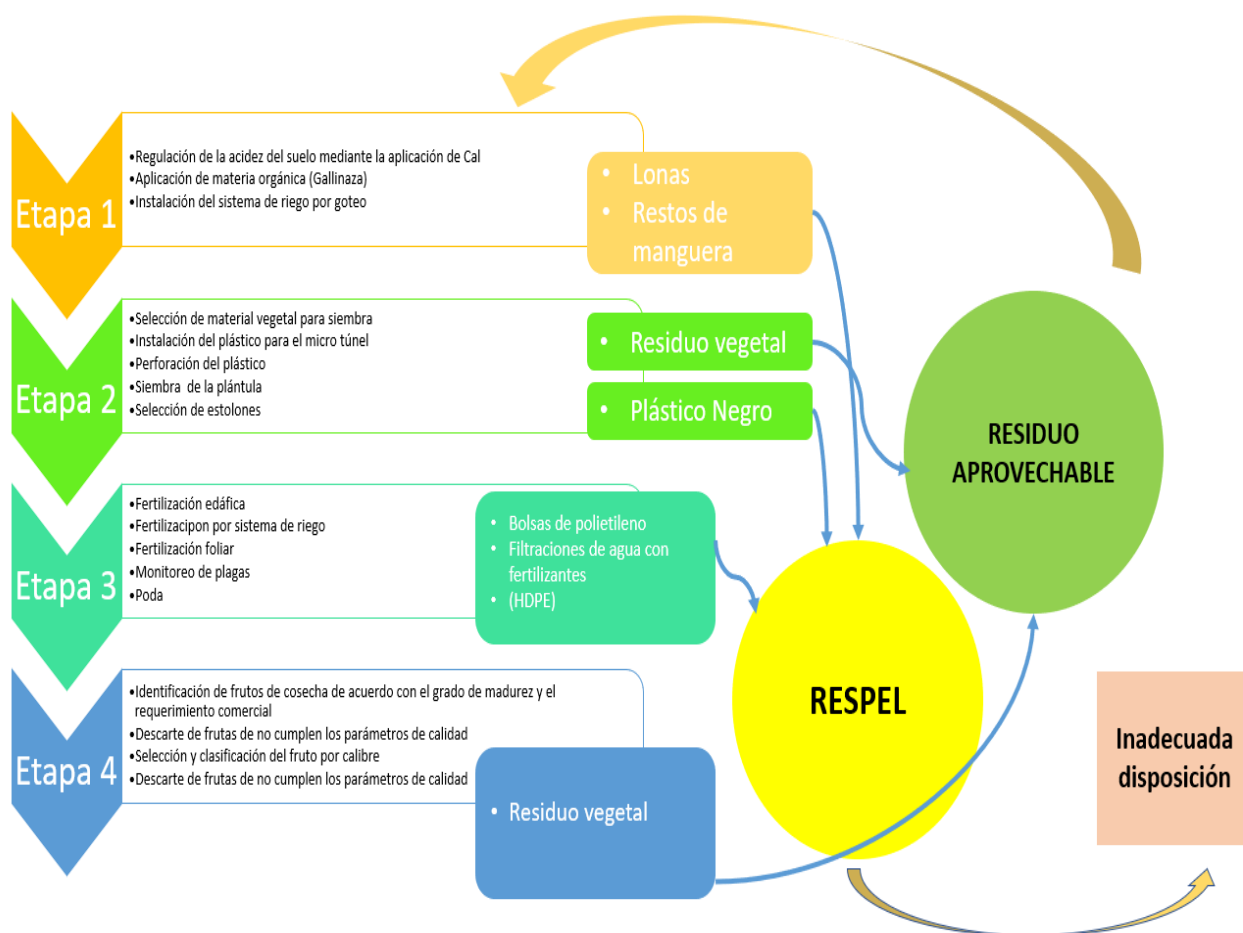
Tabla 4 Identificación y clasificación de residuos producidos en el cultivo de fresa.

ETAPAS DEL CULTIVO DE FRESA			RESP EL	Aprovech able	
Eta pa	Actividad	Residuos			
1	Preparación del suelo		Sólido	Líquido	Emisión
	Regulación de la acidez del suelo mediante la aplicación de Cal	Lonas	X		
	Aplicación de materia orgánica (Gallinaza)	Lonas	X		
	Instalación del sistema de riego por goteo	Restos de manguera	X		
2	Siembra				
	Selección de material vegetal para siembra	Residuo vegetal	X		
	Instalación del plástico para el micro túnel	Plástico negro	X		
	Perforación del plástico		X		
	Siembra de la plántula	Residuo vegetal	X		
	Selección de estolones	Residuo vegetal	X		
3	Fertilización y manejo fitosanitario				
	Fertilización edáfica	Sacos de propileno Bolsas de polietileno	X		
	Fertilización por sistema de riego	Filtraciones de agua con fertilizantes		X	
	Fertilización foliar	Emisión de vapores a la atmósfera Envases de Polietileno de alta densidad (HDPE) Sacos de propileno Bolsas de polietileno	X		X
	Monitoreo de plagas	Sachet de polietileno Envases de Polietileno de alta densidad (HDPE)	X		
	Poda	Residuo vegetal	X		
4	Cosecha y post cosecha				
	Identificación de frutos de cosecha de acuerdo con el grado de madurez y el requerimiento comercial	N/A			
	Descarte de frutas de no cumplen los parámetros de calidad	Residuo vegetal	X		
	Selección y clasificación del fruto por calibre	N/A			
	Descarte de frutas de no cumplen los parámetros de calidad	Residuo vegetal	X		

Fuente. 3 Elaboración propia.

Identificados los residuos provenientes de cada etapa se propone el siguiente esquema de circularidad para el aprovechamiento de los residuos compostables dentro del cultivo de fresa (ver diagrama 1).

Figura 1 Propuesta de circularidad de residuos aprovechables en los cultivos de fresa.



Fuente. 4 Elaboración propia.

El anterior diagrama propone una circularidad a partir de los residuos orgánicos, resultantes del cultivo, es importante aclarar que se tomó como referencia, los residuos obtenidos en un día de cosecha los cuales superan los 120 kg en un cultivo con 6.000 plantas. Los residuos tipo RESPEL fueron identificados durante las cuatro etapas. Estos residuos carecen de adecuado tratamiento o disposición, generando contaminación en los suelos debido a los largos periodos que se requieren para su biodegradación.

Por otra parte, los residuos orgánicos resultantes, varían en cada actividad, por medio de la observación, se pudo identificar que las actividades de poda en la etapa 3 y la actividad de cosecha durante la etapa 4, son los momentos donde más residuos se producen. Es por eso que se propone darles valor a estos residuos por medio de la transformación de los mismos en bocashi, que puede ser reincorporado nuevamente en el cultivo, y teniendo en cuenta los resultados de la etapa 1 aporta macronutrientes como Potasio (K) Calcio (Ca) y Hierro (Fe).

Resultado etapa 3:

Analizadas cada una de las etapas, fue posible determinar el costo en el que incurren los agricultores, durante las actividades de preparación del suelo y fertilización, así mismo es posible analizar cómo influye a nivel económico la producción de bocashi a partir de sus residuos. A continuación, se relaciona un cuadro comparativo de los costos habituales frente a los costos que representaría la implementación del bocashi en el proceso de circularidad propuesto para el cultivo, estos costos se evidencian en la tabla 7.

Tabla 5 Costos de fertilización mediante fertilizantes orgánicos y costos de producción de Bocashi.

ETAPAS DEL CULTIVO DE FRESA		Costo unidad	Costo Aplicación por 0,198 ha
Etapas	Actividad		
1	Preparación del suelo		
	Regulación de la acidez del suelo mediante la aplicación de Cal	\$ 45.000,00	\$ 540.000,00
	Aplicación de materia orgánica (Gallinaza)	\$ 47.600,00	\$ 95.200,00
	Instalación del sistema de riego por goteo	\$ 37.900,00	\$ 2.274.000,00
2	Siembra		
3	Fertilización y manejo fitosanitario		
	Fertilización edáfica	\$ 112.300,00	\$ 1.572.200
	Fertilización por sistema de riego	\$ 274.900,00	\$ 3.298.800
	Fertilización foliar	\$ 88.300,00	\$ 88.300,00
	Monitoreo de plagas	\$ 73.400,00	\$ 73.400,00
	Salarios	\$ 45.000,00	\$ 45.000
	Total		\$ 7.941.900
Producción Bocashi 8,3kg			
	Residuos aprovechables	\$ -	
	Gallinaza	\$ 47.600,00	
	Yogurt	\$ 7.000,00	
	Total	\$ 54.600,00	

Fuente. 5 Elaboración propia.

Aunque el costo de producción de Bocashi es realmente bajo y tomando como referencia el diagrama de circularidad propuesto previamente. El costo económico de aprovechamiento únicamente en la etapa de preparación del suelo incrementaría un poco, es importante tener en cuenta que este también puede aplicarse en una fertilización intermedia, como materia orgánica. Como se puede observar, económicamente no influye mayormente y se deben tener otros aspectos en cuenta como incremento en las actividades diarias de los agricultores para el control la producción del Bocashi. Sin embargo, al revisar la cantidad de fincas que desarrolla el cultivo de la fresa en el municipio, la cual en el año 2017 reportó 75.5 hectáreas cosechadas es posible considerar la producción de Bocashi como un modelo de negocio liderado por los mismos agricultores el cual permita la obtención de este para aplicación en sus cultivos y para comercialización en municipios aledaños. O diseñar un plan municipal donde los agricultores lideren la gestión de residuos orgánicos

Un vez revisado si existen beneficios económicos de esta obtención, se procedió a evaluar los beneficios ambientales, como se mencionó al principio, la inadecuada disposición de los residuos orgánicos trae consigo una serie de efectos negativos al medio ambiente, dentro de ellos destaca, la emisión de GEI, la acidificación de los suelos, malos olores, entre otros, valorizar estos residuos por medio de la producción de compost, minimiza estos efectos ya que, se reduce la emisión de GEI al reducir la actividad de la quema y al reducir la disposición de estos en los vertederos, su aplicación mejora las propiedades de los suelos, lo que se puede traducir en un menor requerimiento de fertilizantes sintéticos, la cantidad de agua necesaria para el cultivo se disminuye, ya que este tipo de compostaje aumenta la retención de agua del suelo.

Resultado etapa 4.

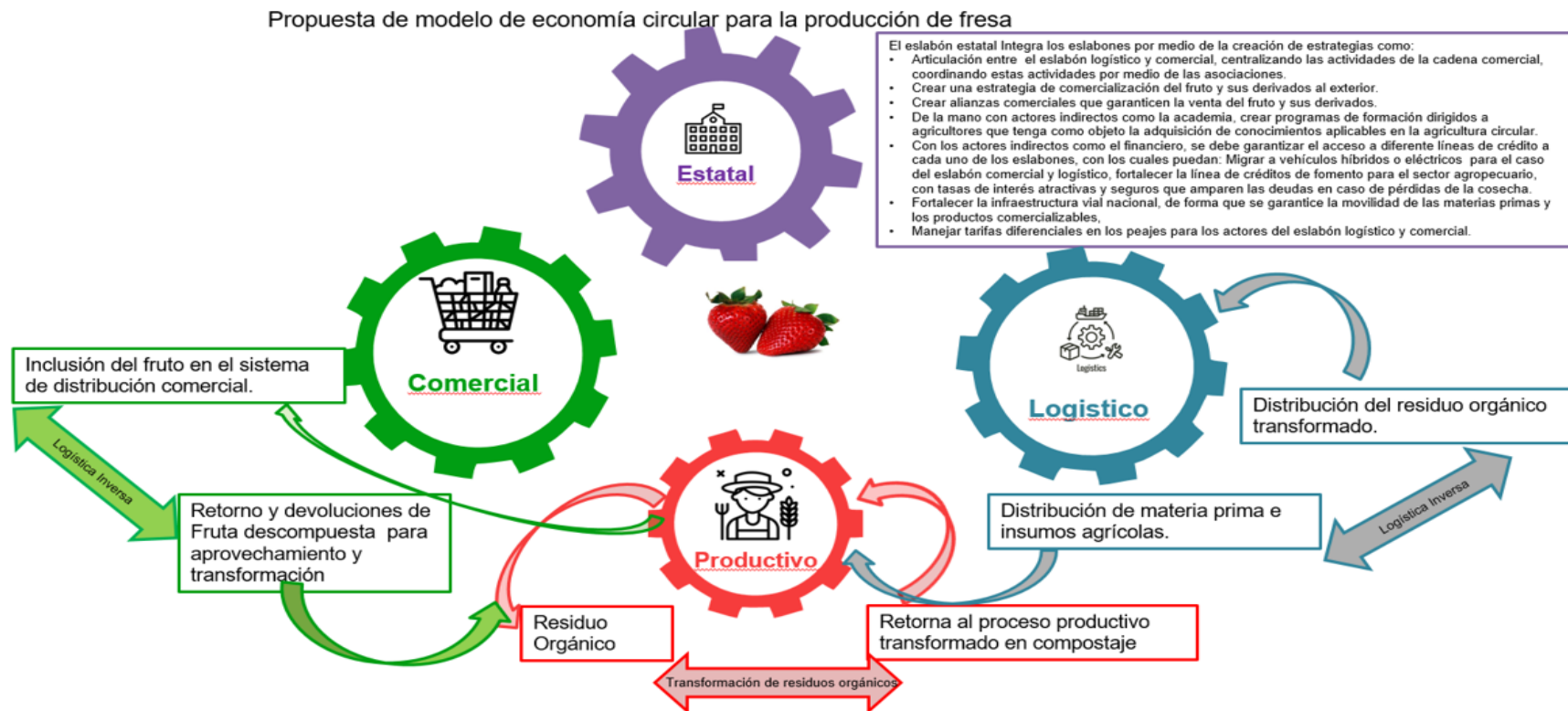
Una vez concretas las etapas 1, 2 y 3 se procedió a dar cumplimiento al objetivo general, para lo cual se propone un modelo de economía circular para la fresa, para esto se identificaron los principales eslabones que hacen parte de la cadena productiva y comercial; cada uno de sus actores, las problemáticas ambientales asociadas a cada eslabón y una propuesta de como mitigar está en cada uno de los eslabones. Se destaca la importancia que recae en el estado debido a que debe ser el principal garante de que estos modelos productivos agrícolas sean sostenibles en el tiempo (Ver tabla 6).

Tabla 6 Modelo de economía circular para la fresa.

Modelo de Economía circular para la fresa				
ESLABONES	LOGISTICO	PRODUCTIVO	COMERCIAL	ESTATAL
Actores	Proveedores	Agricultores	Comerciantes Consumidores	Ministerios Gobernación Alcaldías CAR'S
Bucle	La operación logística incide en la contaminación principalmente a partir de la generación de emisiones de CO2.	• Requerimientos hídricos • Vertimiento de agroquímicos • Generación e inadecuada disposición de residuos	Las actividades en las que incurre para incluir un producto en el sistema de distribución impacta ambientalmente a partir de las emisiones de CO2.	El gobierno nacional tiene un rol importante en la implementación de la agricultura circular, pues desde acá se deben establecer estrategias e incentivos a cada uno de los eslabones que fomenten la agricultura circular.
Cierre de bucle	Gestionar la operación logística de distribución de materia prima e insumos por medio de sistemas de transporte no dependientes de combustibles fósiles	• Gestionar y aprovechar adecuadamente los residuos provenientes del proceso productivo, por medio de la transformación de estos en compostaje, tomando como principio la iniciativa de la economía circular #1 aprovechamiento de Valoración de residuos y vinculando este producto nuevamente en el ciclo productivo. • Una vez aprovechados y valorizados los residuos, se deberá establecer alianzas entre proveedores y productores que permita la distribución de los productos obtenidos y que fomenten el fortalecimiento del tejido social.	Gestionar las actividades por medio de sistemas de transporte no dependientes de los hidrocarburos	• NTC 5167 Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo (2018). • Plan Nacional de desarrollo 2018-2022 (Departamento Nacional de planeación, 2018) • Estrategia de agricultura por contrato (Ministerio de agricultura y desarrollo rural, 2019) • CONPES 3918: Estrategia para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en Colombia. • CONPES 4004: Economía circular en la gestión de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales • CONPES 4039: Declaración de importancia estratégica de los proyectos de inversión del programa vías para la conexión de territorios, el crecimiento sostenible y la reactivación 2.0. • Decreto 073 de 2021, Alcaldía Mayor de Bogotá.

- Analizados e identificados los principales eslabones, actores y bucles, se procede a realizar una propuesta de circularidad, basada principalmente en la estrategia de logística inversa. (Ver figura 2)

3. Figura 2 Propuesta de modelo circular, para gestión y aprovechamiento de residuos orgánicos provenientes del cultivo de fresa.



- Una vez se les da alcance a las etapas anteriores ese puede concluir y realizar algunas recomendaciones, que permiten dar alcance al cumplimiento de los objetivos:
- Se pudo proponer un sistema de circularidad propio para los cultivos de fresa, dando alcance a la estrategia nacional de economía circular, por medio de un modelo de valorización de residuos, aplicable en el eslabón productivo de la propuesta de modelo de economía circular para la fresa.
- Teniendo en cuenta que el municipio de Chocontá en el año 2017 reportó alrededor de 112 fincas productoras de fresa, es posible considerar una alianza entre los agricultores que permita estructurar y ejecutar el plan de circularidad, con vistas a un modelo de negocios diferenciales de orden territorial municipal.
- Es importante tener en la cuenta que la cantidad de residuos generados puede variar de acuerdo con algunos aspectos como la etapa el cultivo y la implementación de las buenas prácticas agrícolas (BPA) entre cultivadores, lo que interfiere en la cantidad de Bocashi producido.
- Con relación al Bocashi obtenido, se puede determinar la presencia de algunos micronutrientes favorables a la recuperación del suelo agrícola. Sin embargo, la técnica de análisis no permitió identificar de otros elementos como el nitrógeno, el cual es uno de los componentes principales de los compostajes. Se sugiere realizar un análisis complementario que permita cuantificar la cantidad de nitrógeno presente. Se sugiere comparar este proceso experimental con otras técnicas de compostaje, para comparar tiempos y costos de obtención.
- Es importante antes de hacer una enmienda en el suelo para nivelar los contenidos de macronutrientes, se debe tener un análisis previo del estado y composición del suelo.
- Finalmente, los modelos de valorización de residuos propuesto por la Estrategia Nacional de Economía Circular -ENEC-, son una alternativa ambientalmente viable por la cantidad de beneficios que trae consigo. Se debe procesos en educación ambiental con los agricultores, fomentando este tipo de soluciones para el manejo de residuos sólidos orgánicos.
- Este tipo de alternativas, pueden hacer frente o mitigar el impacto de una eventual crisis en el sector agrícola, derivada del conflicto que se lleva a cabo entre Rusia y Ucrania, pues estos dos

países son dos de los más grandes productores agrícolas del mundo, así como Rusia es uno de los mayores productores de materia prima para la fabricación de fertilizantes, desarrollar estas iniciativas permite reducir la dependencia de estos países y mitigar el impacto en la crisis del sector.

- Aunque el proyecto no contempla el manejo adecuado de los residuos peligrosos -RESPEL-, durante el desarrollo de este se identificó disposición y manejo inadecuado de estos. Es importante fortalecer entre los agricultores y las entidades municipales la adecuada gestión de dichos residuos.

9. Conclusiones

- La prueba piloto para obtención de Bocashi desarrollada, permitió obtener el producto esperado. Sin embargo, el tiempo de obtención de este fue más largo de lo esperado, esto debido a que la temperatura ambiente promedio no superó los 20°C. Esto es importante tenerlo en cuenta al momento de desarrollarlo en el municipio de Chocontá, puesto que la temperatura de este municipio tampoco supera los 20°C lo cual, hace más demorado el proceso de obtención del Bocashi.
- Establecer procesos de circularidad en el sector agrícola tomando como referente la Estrategia Nacional de Economía Circular -ENEC- por medio de la valorización de residuos, permite mitigar los impactos medioambientales asociados a esta actividad y reduce la dependencia de fertilizante químicos de procedencia extranjera, que se ve afectada por el conflicto que se lleva a cabo entre Rusia y Ucrania.
- Aunque el costo de producción de Bocashi a partir de los residuos obtenidos es mínimo, el incremento en las actividades diarias de un cultivo puede ser un factor que no permita que los agricultores ejecuten un aprovechamiento de residuos.
- Adicionalmente se debe promover por medio de educación ambiental la implementación de estas estrategias de valorización de residuos y es importante que entidades gubernamentales promuevan y faciliten el desarrollo de estas.
- Teniendo en cuenta que el municipio genera gran cantidad de residuos compostables, no solo en los cultivos de fresa, sino también en otras actividades agrícolas y productivas, es importante promover la integración de diferentes productores y agricultores, que fortalezcan la implementación y ejecución de modelos circulares de aprovechamiento de residuos, con miras a un modelo de negocio municipal.

11. Bibliografía

- Alcaldía Mayor de Bogotá, y Secretaría Distrital de Hábitat. (n.d.). *GUÍA TÉCNICA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS A TRAVÉS DE METODOLOGÍAS DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTURA*.
- Alcaldía Municipal de Chocontá en Cundinamarca. (2021). *Alcaldía Municipal de Chocontá en Cundinamarca*. <http://www.choconta-cundinamarca.gov.co/municipio/ubicacion-geografica>
- Artaraz, M. (2003). *Hacia una economía sostenible: interpretaciones, teorías e indicadores de desarrollo sostenible*.
- Castells, X. (2012). *Aprovechamiento de residuos agrícolas y forestales: Reciclaje de residuos Libros*. https://books.google.com.co/books?id=DPpBMD-fVdUC&printsec=frontcover&dq=residuos+agricolas&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=residuos%20agricolas&f=false
- Castro-Garzón, H., Contreras, E. J., & Rodríguez, J. P. (2020). *Environmental analysis: impacts generated by agricultural waste in the municipality of El Dorado (Meta, Colombia)*. <https://www.revistaespacios.com>
- Chávez Porras, Á., & Rodríguez González, A. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Academia y Virtualidad*, 9(2), 90–107. <https://doi.org/10.18359/ravi.2004>
- DANE. (2019, August 30). *Censo Nacional de población y vivienda*. <https://sitios.dane.gov.co/cnpv/#/>
- Datos Mundial. (2021). *Crecimiento de la población mundial*. <https://www.datosmundial.com/crecimiento-poblacional.php>
- Departamento Nacional de Planeación. (2019). *Pacto por Colombia, pacto por la equidad y Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022*.
- Gobernación de Cundinamarca. (2018). *Estadísticas de Cundinamarca 2018*. <https://cundinamarca-map.maps.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=88f580d70cae4de6ab9605b89e33de26>
- Gutiérrez Miguel, Gutiérrez Ester. (2006). Desarrollo Sostenible. *Revista de Enseñanza Universitaria*. http://institucional.us.es/revistas/universitaria/extra2006/art_12.pdf
- IDEAM. (2021a). *Residuos*. <http://www.siac.gov.co/residuos>
- IDEAM. (2021b). *Residuos peligrosos*. <http://www.siac.gov.co/residuos peligrosos>
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2021). *PROTOCOLO FITOSANITARIO PARA LA EXPORTACIÓN A PANAMÁ DE FRUTAS Y VEGETALES FRESCOS O REFRIGERADOS, ORIGINARIOS DE COLOMBIA, ENTRE LA AUTORIDAD PANAMEÑA DE SEGURIDAD DE ALIMENTOS Y EL INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA), ADSCRITO AL MINISTERIO DE AGRIC.* <https://www.ica.gov.co/getattachment/11ee60b3-ebfb-41dd-b86f-6cafbaf1565a/Frutas-y-Vegetales.aspx>
- Mercante, I. (2007). *Caracterización de residuos*.
- Ministerio de Agricultura, N. y C. de los A. (2020). *Agricultura Circular; lo que une a Colombia con los Países Bajos*.

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, I. y T. (2019). *Estrategia Nacional de Economía Circular*.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2009). *Manual de Compostaje*. https://www.miteco.gob.es/images/es/Manual%20de%20compostaje%202011%20PAGINAS%201-24_tcm30-185556.pdf
- Montes, C. (2018). *Disposición final de residuos sólidos y contaminación hídrica, una problemática ambiental no tan ajena*. https://bdigital.uexternado.edu.co/bitstream/handle/001/2332/MKA-spa-2018-Disposici%c3%b3n_final_de_residuos_solidos_y_contaminacion_hidrica?sequence=1&isAllowed=y
- Ramos, D., & Terry, E. (2014). *Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362014000400007&script=sci_arttext&tlng=pt
- Ramos, D., Terry, E., Soto, F., & Cabrera, J. (2013). *Bocashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000200012
- Roberto, F., & Morocho, A. (2018). La Economía Circular Como Factor De Desarrollo Sustentable Del Sector Productivo The Circular Economy as a Sustainable Development Factor of the Productive Sector. *INNOVA Research Journal*, 3(12), 78–98.
- Serna, D., & Isaza, O. (2017). *APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN DOCE (12) INSTITUCIONES EDUCATIVAS EN EL CASCO URBANO DE SANTA ROSA DE CABAL, RISARALDA, QUE PRESTAN EL SERVICIO DE RESTAURANTE ESCOLAR*. <https://core.ac.uk/download/pdf/132572473.pdf>

Anexos



Figura 2 Visita a la finca el Tejar.



Figura 3 Recolección de material vegetal para producción de Bocashi.



Figura 4 Taller sostenibilidad de la fresa, impartido por el grupo de investigación del proyecto Aprovechamiento sostenible de la fresa en Chocontá



Figura 5 Etapa inicial de elaboración de bokashi.



Figura 6 Avance de proceso de compostaje

El siguiente video fue una presentación con la cual se realizaron ponencias en el encuentro de estudiantes del programa de administración ambiental, en el cual se expuso el proyecto de investigación de economía circular de la fresa. Con este también se participó y se postuló al premio mérito sol de Aquino 2021-1.

<https://youtu.be/7BHNcqdpW7k>

Tabla 7 Resultados del análisis realizado con XRF de las porciones de bocashi obtenidas.



The Business of Science®

MEASUREMENT REPORT XMET7500 MINING AND SOIL PACKAGE

Nombre Porcion B	Clase Mining_fp		Fecha 29/10/21		Hora 11:59:02		Duración 30,5 s
Elemento	Ca ppm	K ppm	Fe ppm	Ti ppm	Mn ppm	Zn ppm	Sr ppm
	100508	60740	12431	1592	1521	588	284
±	1161	1063	92	165	43	10	3
Elemento	Zr ppm	Rb ppm	Cu ppm	Mo ppm	U ppm	Nb ppm	W ppm
	133	86	72	17	15	13	0
±	3	2	6	3	4	3	0
Elemento	Ta ppm	Pt ppm	Bi ppm	Ba ppm	Pb ppm	Hg ppm	Au ppm
	0	0	0	0	0	0	0
±	0	0	0	0	0	0	0
Elemento	Tl ppm	Cd ppm	Sb ppm	As ppm	Ni ppm	Cr ppm	Se ppm
	0	0	0	0	0	0	0
±	0	0	0	0	0	0	0
Elemento	Sn ppm	V ppm	Co ppm	Y ppm	Ag ppm		
	0	0	0	0	0		
±	0	0	0	0	11		

Referencia:

Nombre porcion A	Clase Mining_fp		Fecha 29/10/21		Hora 12:00:27		Duración 30,5 s
Elemento	Ca ppm	K ppm	Fe ppm	Mn ppm	Ti ppm	Zn ppm	Sr ppm
	62239	60976	8312	922	774	285	123
±	946	1110	72	33	119	6	2
Elemento	Zr ppm	Rb ppm	Cu ppm	Mo ppm	Nb ppm	Ba ppm	Ta ppm
	88	56	39	20	11	0	0
±	2	2	4	3	2	0	0
Elemento	W ppm	Pt ppm	Bi ppm	Sb ppm	Pb ppm	Hg ppm	Au ppm
	0	0	0	0	0	0	0
±	0	0	0	0	0	0	0
Elemento	Tl ppm	Cd ppm	Sn ppm	As ppm	Ni ppm	Cr ppm	Se ppm
	0	0	0	0	0	0	0
±	0	0	0	0	0	0	0
Elemento	Co ppm	V ppm	Ag ppm	Y ppm	U ppm		
	0	0	0	0	0		
±	0	0	0	0	0		

Referencia:

Tabla 8 Contenido de micronutrientes en fertilizante comercial.

CONTENIDO ESTÁNDAR DE MICRONUTRIENTES			
Elemento	Contenido	Equivalente	Lbs./tonelada
Hierro	.10%	0,143 Fe_2O_3	2.0
Zinc	0,05%	0,062 ZnO	1.0
Magnesio	0,05%	0,083 mg O	1.0
Manganeso	0,05%	0.060 Mn O	1.0
Cobre	0,05%	0,060 Cu O	1.0
Molibdeno	.0005%	0,001 MoO_3	0.01
Boro	.052%	0.021 B_2O_3	0.4
Azufre	.20%	Conjunto	4.0

Tomado de: GROW MORE, 2013 1