

## Proyecto de Investigación

### Información General

Información del estudiante 1	Nombre: AMANDA NAYIVE GAITAN ABRIL
	Correo institucional: agaitan44299@universidadean.edu.co
	Programa al que pertenece: Esp. Gerencia de Proyectos
Información del estudiante 2	Nombre: OMAR ENRIQUE MENDEZ PENAGOS
	Correo institucional: omendez14744@universidadean.edu.co
	Programa al que pertenece: Esp. Gerencia de Proyectos
Información del estudiante 3	Nombre: ADRIANA RUIZ TORRES
	Correo institucional: aruizto11213@universidadean.edu.co
	Programa al que pertenece: Esp. Gerencia de Proyectos
Información del estudiante 4	Nombre: JAVIER EDUARDO ROSAS PEÑA
	Correo institucional: jrosasp09057@universidadean.edu.co
	Programa al que pertenece: Esp. Gerencia de Proyectos
Campo de investigación:	Ciencia, tecnología e innovación
Grupo de investigación:	INDEVOS. Investigación y desarrollo para la Optimización y la Sostenibilidad
Línea de investigación:	Soluciones basadas en la naturaleza y cambios transformativos hacia la sostenibilidad
Título tentativo del proyecto:	Planteamiento de un modelo de negocio, a nivel de prefactibilidad, para el aprovechamiento de los biosólidos para aplicaciones agroindustriales Proposal of a business model, at the pre-feasibility level, for the utilization of biosolids for agro-industrial applications.

## Planteamiento del Problema

### Antecedentes del problema.

En todas las ciudades modernas, la generación de aguas residuales es inevitable ya que es inherente a las actividades humanas; esencialmente el agua residual es el agua potable que las comunidades han utilizado en una variedad de labores, trabajos, prácticas etc., y que ahora contiene muchos componentes que la hace inadecuada para la mayoría de los usos sin que esta tenga tratamiento previo (Tchobanoglous, Stensel, Tsuchihashi, & Burton, 2014). Uno de los principales problemas al efectuar el tratamiento de las aguas residuales usando sistemas biológicos, es que cuando se hace la separación entre la parte líquida y los constituyentes indeseables, se generan lodos cuyo costo de tratamiento y disposición puede representar el 50% del valor del tratamiento. (Romero Rojas, 2013).

Dentro de los tratamientos más usados para el procesamiento de los lodos generados en las diferentes etapas de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR, se encuentran el espesamiento ya sea por gravedad o por flotación, la estabilización por digestión aerobia o anaerobia, el secado que puede realizarse mediante filtros, centrifugas, lechos de secado, etc y reducción mediante incineración, pirolisis, secado térmico o solar. Este tratamiento se realiza principalmente para retirar contenido de agua, minimizar contenido de microorganismos patógenos y acondicionamiento para su posterior disposición (Romero Rojas, 2013).

Actualmente, la mayoría de PTAR en Colombia, tratan sus lodos mediante espesamiento, estabilización y secado, logrando obtener biosólido con un contenido de humedad de hasta el 70% que lo hace difícil de manejar y realizar un correcto aprovechamiento del mismo (Cano Londoño, Gallego Suarez, & Velazques, 2017). Tal es el caso de la PTAR Salitre de la ciudad de Bogotá, la cual es una de las PTAR más grandes de Colombia, que desde el año 2021 inició operación de fase II, es decir complementó el tratamiento primario que ya existía con un tratamiento secundario (biológico) aumentando su capacidad de tratamiento de 4 m<sup>3</sup>/s a 7 m<sup>3</sup>/s, tratando actualmente un caudal mensual promedio de 5.28 m<sup>3</sup>/s y produciendo 390 ton/día en promedio de biosólido. (PTAR Salitre, 2024).

La PTAR Salitre, actualmente realiza aprovechamiento de los biosólidos en un predio denominado La Magdalena que se localiza en la localidad de Kennedy, cuenta con 29 Ha, repartidas en 18 celdas en donde realizan la mezcla del biosólido con el suelo del lugar en una relación 3(biosólido): 1(suelo), esta actividad de aprovechamiento cuenta con Plan de Manejo Ambiental PMA (Resolución 1301 de 2016 de la ANLA). El aprovechamiento en este predio se realiza debido a que este se usó por muchos años como escombra y se había degradado completamente, gracias al uso del biosólido el suelo se ha venido regenerando con vegetación nativa y población arbórea. (PTAR Salitre, 2024).

El éxito de la recuperación del predio La Magdalena se debe al contenido de nutrientes del biosólido, de acuerdo al estudio realizado por la Empresa de Acueducto de Bogotá EAAB, Plan de Gestión de Lodos en la caracterización de los biosólidos realizados en dicho estudio, se encontró que contenido de Nitrógeno total fue de 2.7 mg N /kg, de Fosforo de 11.2 mg P/kg y potasio de 0.19 mg K/kg. (MAV, 2021), teniendo en cuenta que los valores típicos para Colombia son de Nitrógeno total 2.6 mg N /kg, de Fosforo de 24 mg P/kg y potasio de 0.07 mg K/kg y el

intervalo en la literatura para Nitrógeno total es de 1.6 - 4 mg N /kg, de Fosforo de 10 -24 mg P/kg y potasio de 0.04 - 0.16 mg K/kg (Romero Rojas, 2013)

El aprovechamiento de este recurso está limitado por la normatividad nacional, que para el tema de biosólidos se rige por el Decreto 1287 de 2014, en donde categoriza este material de acuerdo al contenido de constituyentes fisicoquímicos y microbiológicos y uso que se le vaya dar a los mismos. A continuación, se detallan los usos permitidos de acuerdo a la categorización, de acuerdo al Artículo 8 del decreto 1287/2014:

### **Categoría A**

- En zonas verdes tales como cementerios, separadores viales, campos de golf y lotes vacíos.
- Como producto para uso en áreas privadas tales como jardines, antejardines, patios, plantas ornamentales y arborización.
- En agricultura
- Los mismos usos de la Categoría B.

### **Categoría B**

- En agricultura, se aplicará al suelo.
- En plantaciones forestales.
- En la recuperación, restauración o mejoramiento de suelos degradados.
- Como insumo en procesos de elaboración de abonos o fertilizantes orgánicos o productos acondicionadores para suelos a través de tratamientos físicos, químicos y biológicos que modifiquen su calidad original. Los procesos de elaboración y características de los productos finales y su uso, queda sujeto a la regulación establecida por el ICA. '.

- Para remediación de suelos contaminados, lechos biológicos para el tratamiento de emisiones y vertimientos, soporte físico y sustrato biológico en sistemas de filtración, absorción y adsorción.
- Como insumo en la fabricación de materiales de construcción.
- En la estabilización de taludes de proyectos de la red vial nacional, red vial, secundaria o terciaria.
- En la operación de rellenos sanitarios tomo: cobertura diaria, cobertura final de cierre y de clausura de plataformas y en actividades de restauración de la vegetación y paisajismo.
- Actividades de restauración de vegetación y paisajismo de escombreras.
- En procesos de valorización energética.

Para clasificar los biosólidos, el Artículo 5 del decreto 1287 de 2014, establece los valores máximos permisibles de diferentes parámetros para las categorías A y B, en la siguiente tabla se muestra una el contenido de los diferentes parámetros fisicoquímicos de la PTAR Salitre, versus la norma:

Tabla 1 Comparación Caracterización PTAR Salitre vs. Decreto 1287 de 2014

Parámetro	Unidades	Centrifuga 1	Centrifuga 2	Concentraciones Límite biosólido A	Concentraciones Límite biosólido B
<b>Cobre</b>	mg Cu/Kg (BS)	26.00	31.00	1000	1750
<b>Cadmio</b>	mg/Kg Cd (BS)	<0.60	<0.60	8	40
<b>Molibdeno</b>	mg Mo/Kg (BS)	<40.00	<40.00	18	75
<b>Mercurio</b>	mg Hg/Kg (BS)	<1.80	<1.80	10	20
<b>Selenio</b>	mg Se/Kg (BS)	<1.80	<1.80	36	100
<b>Arsénico</b>	mg/Kg As (BS)	<1.80	<1.80	20	40
<b>Cromo</b>	mg Cr/Kg (BS)	<18.00	<18.00	1000	1500
<b>Níquel</b>	mg Ni/Kg (BS)	<18.00	<18.00	80	420
<b>Plomo</b>	mg Pb/Kg (BS)	<18.00	<18.00	300	400
<b>Zinc</b>	mg Zn/Kg (BS)	182	270	2000	2800
Salmonela	NMP/4g	<0.01	0.01	0	1000
Huevos de Helminto	Huevos viables/4gST	18.00	16.00	1	10

Fuente: Decreto 1287 de 2014 y Plan de Gestión de Lodos (MAV, 2021)

De acuerdo con lo anterior, los lodos de la PTAR Salitre, sin tratamiento adicional, cumplirían con todos los parámetros para ser categoría, menos con los huevos de helminto. Adicional a lo anterior, el predio La Magdalena ha venido usándose como predio para aprovechamiento de los biosólidos desde el año el 2016, pero con la entrada en operación de la fase II de la PTAR Salitre, se aumentó el volumen de biosólidos producidos como subproducto del tratamiento de aguas residuales, la vida útil de este predio, de acuerdo a la capacidad remanente y a las proyecciones de volumen de biosólidos será de aproximadamente 3 años contados a partir del 2022 (MAV, 2021)

### **Descripción del problema.**

Como se mencionó anteriormente, el aprovechamiento de los biosólidos se ve limitado por restricciones legislativas y por la condición de contenido de humedad de los mismos, que pueden eliminarse con un tratamiento adicional a los biosólidos, pero que en Colombia pocas veces se llega a un tratamiento posterior al secado y se producen biosólidos con un contenido de 25 a 27% de sequedad (Calderon , Castro, Nuñez, Vargas, & Velásquez, 2020) tal es el caso de los biosólidos producidos en la PTAR Salitre y para poder realizar el aprovechamiento de este material que tiene potencial de uso en aplicaciones industriales y agrícolas, es necesario que desde el sector privado o en asociación con el sector, se planteen soluciones a esta problemática.

Siendo este un tema relevante en el contexto de la economía circular, donde se busca reducir residuos y maximizar la reutilización de recursos (MADS & MADR, 2022) y teniendo en cuenta que la producción de biosólidos está directamente relacionada con el crecimiento poblacional por lo tanto se van a producir más volúmenes de los mismos, es necesario intervenir en esta problemática y abordar los biosólidos como una oportunidad creciente y potencial, que aporta al cierre el ciclo del agua, devuelve macronutrientes al medio ambiente de manera segura y sostenida, aporta a los objetivos de desarrollo sostenible, especialmente el ODS 2 (hambre 0)

pues el aporte de nutrientes con el uso de biosólidos en la agricultura, puede mejorar la producción de alimentos, el ODS 6 (agua limpia y saneamiento) como se mencionó, se cierra el ciclo del agua al reciclar los nutrientes de las aguas residuales y ODS 12 (Producción y consumo responsable) dado que los biosólidos dejarían de ser un residuo y pasarían a ser materia prima de otros sectores productivos. (Naciones Unidas, 2023)

### **Pregunta de investigación.**

Considerando los principios de economía circular, los Objetivos de Desarrollo Sostenible, y los principios de gestión de proyectos sostenibles ¿Es posible hacer una prefactibilidad para la transformación y aprovechamiento de los biosólidos en la agricultura con un enfoque integral que beneficie tanto al medio ambiente como a la sociedad?

### **Objetivos**

#### **Objetivo general.**

Plantear la prefactibilidad para el aprovechamiento de biosólidos obtenidos del tratamiento de aguas residuales en aplicaciones agrícolas.

#### **Objetivos específicos.**

- Evaluar aspectos legales y regulatorios colombianos con respecto a la aplicación de biosólidos transformados en usos agrícolas. Este objetivo se enfoca en la factibilidad legal del proyecto.
- Identificar el segmento de clientes que utilizarán biosólidos en sus procesos productivos, en aplicaciones agrícolas. Este objetivo se centra en la factibilidad estratégica del proyecto.
- Comprender el contexto externo, para evaluar el entorno y la competitividad del proyecto. Este objetivo busca entender el panorama general en el que se desarrollará el proyecto.

- Desarrollar una ficha con las características del biosólido con relación al aporte nutricional y limitaciones de uso. Este objetivo se enfoca en la caracterización del producto principal del proyecto.

## Conveniencia de la Investigación

El desarrollo de una factibilidad para el aprovechamiento de biosólidos obtenidos en el proceso de tratamiento de aguas residuales se respalda desde aspectos legales ambientales y sociales

1. Legales: La factibilidad se centra en conocer las regulaciones vigentes para el tratamiento legal de biosólidos en la agroindustria, con un enfoque constante en la mejora del medio ambiente y la sociedad.
2. Ambientales: Esta evaluación de viabilidad se centra en reducir los residuos que los proveedores no pueden desechar por completo y fomenta las prácticas agrícolas sostenibles.
3. Mercado: El proyecto se centra en evaluar la viabilidad de comprender los entornos de mercado relacionados con el uso de biosólidos procesados como abono y fertilizantes agrícolas, con el objetivo de obtener un entendimiento preciso del mercado externo en el ámbito de los biosólidos.

## Justificación

A partir del análisis a realizar en este trabajo de investigación, se espera obtener información fiable para poder viabilizar el uso adecuado de biosólidos generados en las PTAR de los

municipios de Colombia; la principal función que cumplirá la solución planteada, es dar valor a este subproducto generado en las plantas de tratamiento de aguas residuales, que a pesar de su uso potencial en aplicaciones agrícolas dado su alto contenido de constituyentes orgánicos e inorgánicos (Elgarahy, y otros, 2024), en la actualidad son visto como un problema para las Empresas Prestadoras de Servicios Públicos EPS, que no tienen dentro de sus procesos las capacidades para realizar el acondicionamiento de los mismos, mediante procesos de higienización para su correcto aprovechamiento (Melo Cerón, Rodríguez González, & González Guzmán, 2017), y por lo general destinan áreas para su disposición.

Tal como se mencionó, es necesario realizar un acondicionamiento a los biosólidos ya que como salen del tratamiento que se les realiza en las PTARs, especialmente las plantas en Colombia, contienen niveles de humedad muy altos que dificultan su aprovechamiento (Cano Londoño, Gallego Suarez, & Velazques, 2017), por lo tanto se requiere realizar un tratamiento para bajar dichos niveles de humedad, y de acuerdo al uso que sea demandado, realizar la adición de elementos que potencien su uso de acuerdo a las necesidades del cliente.

Teniendo en cuenta que los biosólidos siempre se van a producir, es necesario cambiar la percepción de este subproducto y darles un enfoque diferente, aprovechándolos como una materia prima perdurable y desde el punto de vista de la economía circular, es decir, proporcionar una mejor manera de utilizar estos recursos de forma sostenible. De esta manera se logra la máxima utilización de los recursos naturales, cerrando el ciclo del uso del agua y aportando en la preservación y conservación de los ecosistemas para las generaciones futuras. (Awasthi, y otros, 2022)

## **Marco teórico**

### **Que son los biosólidos**

El objeto principal de las plantas de tratamiento de agua residual es realizar el pulimiento de las aguas residuales para que estas puedan ser descargadas en los cuerpos receptores con determinadas características de calidad que permita eliminar los riesgos para la salud de las poblaciones que se benefician del recurso hídrico y minimizar los daños en el ambiente (Romero Rojas, 2013).

Durante este proceso y dependiendo de las tecnologías que se usen para tratar las aguas, se realiza la separación de la fracción líquida de la sólida, dando como resultado un efluente sin contaminantes; pero todos los constituyentes retirados de las aguas residuales y reunidos en la fracción sólida, se convierten en lodos proveniente de los diferentes procesos unitarios, este lodo tiene un contenido de humedad del 88% aproximadamente, es decir un contenido de sólidos del 12% y pasa por un proceso de digestión, estabilización y deshidratación para finalmente obtener el biosólidos. (Tchobanoglous, Stensel, Tsuchihashi, & Burton, 2014).

Dependiendo de los procesos de deshidratación, los biosólidos pueden tener un contenido de sequedad del 25% al 50% y en algunos casos hasta el 75%, pero esto dependerá de su composición y del potencial aprovechamiento o forma de disposición final que se vaya a dar de este material (Torres Lozada, Madera Parra, & Martines Puentes, 2008). Dado que el origen de los biosólidos es de aguas residuales domésticas, suelen tener altos contenidos de materia orgánica y nutriente que les da un potencial para su aprovechamiento como materia prima de abonos y fertilizantes agrícolas, cobrando mayor relevancia en la actualidad dado los altos precios de estos insumos agropecuarios dado por factores como la pandemia o los conflictos bélicos que impiden el normal comercio de los mismos. (Tassinari, Boccaletti, & Soregaroli, 2023)

## **Uso de los biosólidos y su regulación**

Dentro de la normativa actual, se han establecido diferentes normativas progresivamente para el uso de biosólidos en Colombia, puntualmente estamos hablando del Decreto 1287 de 2014, en el cual se estipulan los criterios para el uso de biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales, regulando el manejo de estos en el uso agrícola. "Con esta norma se busca que los biosólidos, producidos a partir del tratamiento de las aguas residuales, puedan ser usados adecuadamente en aplicaciones de tipo ambiental y de agricultura dado su contenido de materia orgánica", afirmó el Ministro Luis Felipe Henao Cardona (MVCT, 2014)

Este Decreto reviste, una gran importancia teniendo en cuenta que a la fecha no existía ninguna norma para el uso de los biosólidos, muchos de los cuales eran enviados a rellenos sanitarios agotando prematuramente su vida útil y a su vez, desperdiciando un material importante que puede ser empleado en aplicaciones ambientales y agrícolas, como por ejemplo la recuperación de aquellas zonas que se han degradado por múltiples causas. (MVCT, 2014). El decreto mencionado anteriormente, está dirigido tanto para prestadores de servicios públicos de alcantarillado, relacionado al tratamiento de aguas residuales, como también a los distribuidores y usuarios de Biosólidos en el territorio. Adicional a esto, el decreto también establece las características y la normativa para que los biosólidos sean utilizados en sectores agrícolas y de restauración de tierras.

Pero adicional a esto, se han venido desarrollando normativas desde el ICA para establecer un estándar técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelos, es el caso de la resolución 00150 de 2003<sup>1</sup>, en la cual se establece el Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia, esta con la finalidad de establecer la comercialización y uso adecuados de los fertilizantes y acondicionadores de suelos, con la

---

<sup>1</sup> Resolución No. 00150 de 2003 "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia".

finalidad de garantizar la salubridad e integridad en la industria de producción de alimentos, esta reglamentación guarda lineamientos con la normativa internacional.

En la actualidad el ICA está trabajando en la reglamentación de Bio preparados para el uso agrícola, estableciendo así procesos y requisitos para los pequeños productores de productos Bio preparados, facilitando al final la obtención del registro ICA a estos productores. La normativa anterior busca lograr una alta calidad, seguridad y eficacia en el uso de Biosólidos, generando una regulación de alta calidad para el cuidado de la salud.

Considerando la viabilidad del proyecto para el uso de biosólidos y el establecimiento de una entidad dedicada al procesamiento de biosólidos, se debe tomar también en cuenta que el gobierno nacional, ha expedido una normativa bajo la resolución 068370 de 2020<sup>2</sup>, la cual tiene como objetivo “Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de productor, productor por contrato, envasador, importador y departamentos técnicos de ensayos de eficacia agronómica de Bio insumos para uso agrícola; así como los requisitos para el registro de Bio insumos para uso agrícola

La anterior, destaca entre otros, establecer el detalle de todos los requisitos a cumplir para ser productor o importador de Bio insumos de uso agrícola, así como el registro de estos Bio insumos para uso agrícola, detallando así tanto requisitos para la empresa como para el producto, por ejemplo, para el producto se deben tener como mínimo el cumplimiento de los siguientes parámetros:

- Ausencia de Salmonella en 25 gramos.
- Coliformes totales < 1000 NMP o UFC /g
- Huevos de Helminto Viables <1 Individuo en 4 g de muestra

---

<sup>2</sup> Resolución No. 068370 “Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de productor, productor por contrato envasador, importador y departamentos técnicos de ensayos de eficacia agronómica de Bioinsumos para uso agrícola; así como los requisitos para el registro de Bioinsumos para uso agrícola”

Se detalla en esta normativa los pasos para realizar el registro del producto, la expedición y la cancelación con el ICA. Dentro de las normativas vigentes, encontramos entre otras, las siguientes normativas que igual que las expuestas anteriormente, complementan el uso de Biosólidos en el agro y la producción de los productos fertilizantes (ICA, 2024):

- Resolución Bio insumos 068370 del 27 de mayo de 2020
- Circular Externa No. 04 del 21 de agosto de 2020 (procedimiento de actualización registros actividad y productos a la Resolución 68370 de 2020)
- Resolución Fertilizantes 00150 de enero de 2003
- Resolución Min agricultura 0187 de 2006<sup>3</sup>
- Resolución 76510 del 25 de septiembre 2020 Departamentos Técnicos de Insumos Agrícolas<sup>4</sup>
- Guía para la entrega de material de referencia en Laboratorio Nacional de Insumos Agrícolas - LANIA, para el registro de productos Bio insumos

## **Economía circular y los biosólidos**

Observando el funcionamiento de la naturaleza, en donde nada se considera desperdicio y cada salida de determinado proceso u organismo, se convierte en un insumo esencial para otro proceso u organismo, creando un ecosistema con una secuencia circular, que puede llegar a ser infinita de movimientos de materiales y energía, lo lógico sería que la evolución del ser humano en las grandes sociedades que tenemos en la actualidad tuviera la misma dinámica, pero la humanidad, en su desarrollo a la civilización que somos hoy en día, nos caracterizamos por ser

---

<sup>3</sup> Resolución 187 de 2006 “Por la cual se adopta el Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaquetado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación, comercialización, y se establece el Sistema de Control de Productos Agropecuarios Ecológicos”

<sup>4</sup> Resolución 76510 de 2020 “Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de departamentos técnicos para la ejecución de ensayos de eficacia de insumos agrícolas”

consumidores de bienes y servicios asumiendo recursos infinitos, rompiendo estos ciclos naturales de aprovechamiento de toda la materia y energía, haciendo lineales los procesos y por ende generamos desperdicios que deben ser dispuestos como desechos. (Halden & Venkatesan, 2020)

El principio de la economía circular es minimizar los desperdicios y maximizar el reúso, esto en concordancia con la necesidad de cuidar los recursos finitos, dado que la práctica de generar productos, usarlos y luego desecharlos es insostenible a largo plazo generando un impacto negativo no solo en el medio ambiente, sino en para el sistema económico y la salud pública y que solo en los últimos años se está considerando hacer un reúso de estos materiales (Roychand, y otros, 2021).

Dado el contenido de materia orgánica y de elementos como el nitrógeno, fósforo y potasio (Romero Rojas, 2013), Los biosólidos son un material que, a pesar de aun considerarse como un desecho indeseable, tiene gran potencial para ser reutilizados como materia prima para usos agrícolas, generando ese movimiento de nutrientes y energía, extrayendo su contenido de valor y reintegrándolo dentro de un modelo de economía circular más sostenible (Halden & Venkatesan, 2020).

Se ha demostrado que los nutrientes contenidos en los biosólidos puede mejorar los servicios ecosistémicos que normalmente provee el medio ambiente, pero que con la intervención antrópica en los ciclos naturales, se ha ido perdiendo; por lo anterior, la recuperación de los suelos con la aplicación de biosólidos y por ende el mejoramiento de los productos agrícolas cultivados en dichos suelos, es una contribución directa para avanzar hacia una economía circular minimizando o incluso eliminando los residuos. ( Toffey & Brown, 2020)

## **Experiencias de modelos de negocios con biosólidos**

### **Experiencias a nivel Nacional**

Referente a las experiencias de modelos de negocios con biosólidos existen casos a nivel nacional e internacional, donde se destacan a nivel nacional empresas de servicios públicos que cuentan con operación en plantas de tratamiento de aguas residuales con una importante generación de biosólidos, así como organizaciones que tienen el manejo y uso de Biosólidos. Un primer gran ejemplo de modelo de negocio aplicado es la PTAR Cañaveralejo en Cali (valle del Cauca) que cuenta con un caudal aproximado de 7.6m<sup>3</sup>/s teniendo un tratamiento del 80% de sus aguas residuales siendo puntualmente su negocio de aprovechamiento el gas que se genera durante la digestión de lodos usado para la generación eléctrica dentro de la misma PTAR (MAV, 2021)

Otra experiencia de modelo de negocio trabajado a nivel nacional es la PTAR San Fernando ubicada en Medellín (Antioquia) cuenta con una capacidad instalada para tratamiento de 1.8 m<sup>3</sup>/s donde el gas generado por los digestores se almacena y contribuye al 33% de generación de energía de la PTAR. Dentro del mismo departamento de Antioquia EPM (Empresas públicas de Medellín) cuenta con una planta de secado térmico que cuenta con capacidad de 400 ton/día donde se genera la estabilización de los biosólidos generados tanto en la PTAR San Fernando como en la PTAR Aguas Claras, los biosólidos son utilizados principalmente para la restauración de suelos, compostaje, revegetación de taludes, aprovechamiento agrícola. (MAV, 2021)

Por último y siendo la PTAR más grande nivel nacional tenemos la PTAR Salitre ubicada en Bogotá D.C la cual cuenta con una capacidad instalada para tratamiento de 4m<sup>3</sup>/s, para esta planta la disposición de sólidos es realizada por la EAAB (Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá) En el predio la Magdalena ubicado en la localidad de Kennedy donde se busca realizar la recuperación del terreno y por su ubicación facilita el manejo de los mismos biosólidos (MAV, 2021)

## Experiencias a Nivel Internacional

Una de las experiencias a nivel internacional donde el modelo de negocio de aprovechamiento de biosólidos resalta y puede ser caso de estudio para las plantas nacionales es la PTAR de Santa Rosa (California- Estados Unidos). La cual planteó una reestructuración de su planta para garantizar una recuperación de recursos mejorando la calidad y dando un aprovechamiento óptimo de los Biosólidos teniendo como objetivo la consecución de un biosólido Clase A, que permitiera aumentar las áreas de aplicación enfocadas en el aprovechamiento agrícola. (MAV, 2021)

Dentro de Estados Unidos se encuentra también el distrito sanitario Orange Country que se compone de las plantas de Huntington y Fountain Valley de igual forma dentro de estas se busca por medio de un pos-tratamiento de lodos garantizar la obtención de lodos tipo A teniendo enfoque en la agricultura en los estados de Arizona y California, la remediación de suelos, disposición en minas para recuperación de suelos quemados. Dentro de este proyecto del distrito sanitario Orange Country el modelo de negocio se rige en generar puntos donde los biosólidos tratados sean aprovechables en un 50% para su negociación en mercados locales y en aplicación en un rango cercano a cada una de las plantas. (MAV, 2021)

Por otra parte de acuerdo a un estudio de la universidad Autónoma de Nuevo León en México donde se planteó un modelo de negocio enfocado en aumentar la producción y rendimiento del maíz producto vital en la canasta familiar de México dirigieron su investigación en el uso de lodos tipo A con el fin de cuantificar su efecto en la altura de planta y rendimiento del grano, para esto tomaron la planta de tratamiento de aguas residuales localizada en Dulces Nombres en Pesquería Nuevo León realizando procesos de deshidratación de los biosólidos y aplicando al suelo fértil del maíz.

Principalmente tuvieron como conclusión un aumento en tamaño de plantas de maíz aplicando dosis de lodo líquido de 8Tha-1 , que los suelos tuvieron mayores contenidos de Zinc y cobre indicando una mayor fertilidad de los suelos, se disminuyeron los límites de tolerancia para la presencia de minerales pesados y como gran conclusión que la hipótesis planteada y más concretamente el modelo de negocio para aumentar la producción de maíz con el uso de biosólidos pre tratados tipo A se desarrolló a satisfacción dando resultados de incremento en el rendimiento de cultivos sin necesidad de incrementar ni dañar los suelos cultivo (Cerde, 2003)

## **Potencial de clientes**

Dentro de los principales clientes que se pueden trabajar y a quienes es posible ofrecer el producto resultado de este modelo de negocio encontramos la asociación colombiana de exportadores de flores la cual fue creada en 1973 con el fin de representar y promover la competitividad de la floricultura colombiana en los mercados y en el país , dentro de sus proyectos y los beneficios que busca generar a sus afiliados se encuentra la sostenibilidad y la innovación punto clave donde el uso de biosólidos para el fortalecimiento de suelos y mejora de la producción de flores puede ingresar y ser de aporte para el desarrollo e inclusión de los mismos proyectos. (asocolflores, 2020)

Por otra parte otra agremiación que tiene gran participación en el mercado tanto nacional como extranjero es la federación nacional de cafeteros la cual fue creada en el año de 1927 y que se encarga de velar por el bienestar y calidad de vida de los agricultores contando con proyectos de sostenibilidad a nivel nacional donde se han invertido 227.484 MM de pesos en 18 diferentes dependencias y aumentando producción siendo un cliente potencial para el uso de biosólidos en sus cultivos. (cafeteros, 2021)

## Metodología

### Primer nivel

#### *Descripción metodológica*

De acuerdo con el problema planteado, es necesario delimitar y establecer el enfoque de investigación desde las perspectivas cualitativa en cuanto a las necesidades nutricionales del abono en la agricultura y en la calidad de los aportes nutricionales desde los biosólidos a determinados cultivos y cuantitativa porque de acuerdo con el volumen de agua residual tratado se obtienen los biosólidos que pueden ser aprovechados.

El Diseño de investigación elegido para el estudio es analítico porque se analizará técnicamente la viabilidad del biosólido de acuerdo con las características de este y propositiva ya que se realizará una propuesta a nivel de factibilidad para su aprovechamiento como abono, también es de tipo transversal porque se incluirán temas teóricos y legislativos del biosólido, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 2 Descripción variables metodológicas

VARIABLE	Definición conceptual	Definición operacional
Abonos	El abono es una sustancia que puede ser inorgánica u orgánica y que se utiliza para incrementar la calidad del suelo y brindar nutrientes a los cultivos y las plantaciones. Con medición cuantitativa en unidades de metro cubico	Variable de tipo cuantitativo. En la cual, bajo modelo de investigación no probabilístico a la población determinada en sabana de Bogotá; se aplicará instrumento de encuesta. A una muestra de biosólido se le aplicara análisis de composición nutricional para la identificación de carga fisicoquímica y obtención de ficha técnica.
Aprovechamiento de biosólidos		Biomasa como unidad de rendimiento. Se aplica modelo experimental con bloques de tres repeticiones a planta

		respuesta de ciclo corto, en este caso frijol. Repetición con abono convencional, otra sin abono y la aplicada con biosólido.
Agua residual	<p>Metro cubico</p> <p>Agua residual: Se entiende a la acción y efecto en la que el hombre introduce materias contaminantes, formas de energía o inducir condiciones en el agua de modo directo o indirecto; implica alteraciones perjudiciales de su calidad con relación a los usos posteriores o con su función ecológica, posterior a su modificación por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias. El agua residual está compuesta de componentes físicos, químicos y biológicos; es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos producidas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas.</p> <p>Agua residual tratada: Agua residual, la cual a pasado por instalaciones donde se utiliza una combinación de varios procesos (físicos, químicos y biológicos) para tratar las aguas residuales industriales y eliminar contaminantes; Estos contaminantes son diversos y, en el caso de algunas aguas residuales industriales, pueden requerir estrategias / técnicas de tratamiento específicas.</p>	<p>Cuantitativo</p> <p>Agua residual: Se aplica tratamiento a 1 metro cubico de agua residual para validar la porción de obtención de biosólido.</p> <p>Agua residual tratada: Bajo la aplicación de tratamiento a la porción de muestra de agua residual, se valida el rendimiento de obtención de biosólido.</p>

Fuente: (Rubiano Lopez, 2019)

**Diseño metodológico**

Surge de la identificación de las actividades necesarias para el cumplimiento de los objetivos planteados a desarrollar en la presente investigación. En el siguiente cuadro se puede observar cada objetivo, las actividades planteadas y el resultado esperado de cada actividad, es decir, se presentarán las características metodológicas específicas de cada objetivo.

Objetivos específicos	Actividades	Resultado esperado	Fecha
<p>Evaluar aspectos legales y regulatorios colombianos con respecto a la aplicación de biosólidos transformados en usos agrícolas. Este objetivo se enfoca en la factibilidad legal del proyecto.</p>	<p>Identificar normatividad vigente que regula el uso de biosólidos</p> <p>Requisitos normativos colombianos de Bioinsumos para uso agrícola</p> <p>Normativa de abonos en calidad microbiológica y parasitológica</p> <p>Estándares de material de compostaje en niveles de sustancias tóxicas como metales pesados, niveles de materia orgánica, así como de macro y micronutrientes.</p>	<p>Lista de chequeo que permita la evaluación del cumplimiento legal y normativo del producto, la cual debe cumplir con una calidad microbiológica y parasitológica evaluando la potencial presencia de sustancias tóxicas como metales pesados (arsénico, cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plomo, selenio, zinc), presencia de huevos de helmintos, fitopatógenos, Salmonella. Niveles de materia orgánica, así como de macro y micronutrientes; lo que muestra el alcance de estándares para compostaje.</p>	<p>04/05/2024</p>

<p>Identificar el segmento de clientes que utilizarán biosólidos en sus procesos productivos, en aplicaciones agrícolas. Este objetivo se centra en la factibilidad estratégica del proyecto.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. observación y georreferenciación de clientes presentes en la zona</li> <li>2. Análisis de prospectos presentes en la zona, investigación y calificación mediante proyectos de sostenibilidad</li> <li>3. aplicación de cuestionarios virtuales o físicos para evaluar a los prospectos desde las necesidades, disposición al cambio y presupuesto para la implementación de biosólidos en su agroindustria</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. identificación de buyer persona</li> <li>2. Ubicación y clasificación de los clientes</li> <li>3. segmentación de los clientes potenciales para el modelo de negocio</li> </ol>	<p>11/05/2024</p>
<p>Comprender el contexto externo, para evaluar el entorno y la competitividad del proyecto. Este objetivo busca entender el panorama general en el que se desarrollará el proyecto.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Investigación de Documentos públicos para el desarrollo de la matriz PESTEL</li> </ol>	<p>Estrategias enfocadas en el aprovechamiento de las oportunidades encontradas de los análisis externos referentes a la viabilidad de aplicación de biosólidos en la agroindustria</p>	<p>15/05/2024</p>
<p>Desarrollar una ficha con las características fisicoquímicas del biosólido con relación al aporte nutricional y limitaciones de uso. Este objetivo se enfoca en la caracterización detallada del producto principal del proyecto.</p>	<p>Investigar los valores nutricionales típicos de biosólidos generados en PTAR de aguas residuales domésticas Identificar los componentes fisicoquímicos contenidos en los biosólidos y su favorabilidad o desventaja para la aplicación de biosólidos como materia prima para abonos</p>	<p>Ficha con Caracterización de biosólidos: Características fisicoquímicas Características microbiológicas Características valores nutricionales En donde se evalúe si cumplen con los requerimientos mínimos para ser usados como insumos para abonos.</p>	<p>18/05/2024</p>

## Objetivo específico 1

Para el objetivo específico 1, “Evaluar aspectos legales y regulatorios colombianos con respecto a la aplicación de biosólidos transformados en usos agrícolas. Este objetivo se enfoca en la factibilidad legal del proyecto.”

Se desarrolla a través de una lista de chequeo que permita la evaluación del cumplimiento legal y normativo del producto, la cual debe cumplir con una calidad microbiológica y parasitológica evaluando la potencial presencia de sustancias tóxicas como metales pesados (arsénico, cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plomo, selenio, zinc), presencia de huevos de helmintos, fitopatógenos, Salmonella, niveles de materia orgánica, así como de macro y micronutrientes; lo que muestra el alcance de estándares para compostaje.

Para el objetivo específico 1, la identificación de normatividad se realizará a partir de consulta en documentos públicos, a partir de la normatividad colombiana vigente para el sector agrícola, como se muestra a continuación:

Figura 1 Normatividad Colombiana Vigente – Sector agrícola

<b>Decreto 2811 de 1974</b>	<b>Código de Recursos Naturales.</b> Art. 34 al 38 se regula lo relacionado con el manejo de residuos sólidos su procesamiento, la obligación de los municipios a organizar la recolección, transporte y disposición final de basuras y establece la posibilidad de exigir el manejo de estos residuos a quien los produce.
<b>Decreto 1594 del 1984</b>	Trata sobre vertimientos sobre las fuentes de Agua.
<b>Resolución 2309 de 1986</b>	Regula lo relacionado con residuos especiales, entendido por tales los patógenos, tóxicos, combustibles inflamables, radioactivos o volatilizables, así como lo relacionado con el manejo de los empaques y envases que los contienen.
<b>Ley 99 de 1993</b>	Art.1-4.Fundamentos de la política ambiental, crea Ministerio ambiente, y SINA
	Art.5 Funciones del Ministerio (numeral 2,10,11,14,25,32 respecto a residuos sólidos)
	Art.31 funciones de las corporaciones (numeral 10,12 respecto a residuos sólidos)
<b>Ley 142 de 1994</b>	Régimen de servicios Públicos y Domiciliarios. Art. 5 Define competencia de los municipios en cuanto a la prestación de servicios públicos
<b>Decreto 2695 de 2000</b>	Establece las normas y artículos sobre la gestión integral de residuos sólidos.
<b>Resolución 1096 de 2000</b>	Sobre Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
<b>Decreto 1713 de 2002</b>	Define la terminología correspondiente al manejo de residuos sólidos. Establece normas orientadas a reglamentar el servicio público de aseo en el marco de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Ordinarios, en lo correspondiente a sus componentes, niveles, clases, modalidades y calidad. Además, asigna a los municipios y departamentos la responsabilidad en el manejo de los residuos sólidos y la obligación de formular e implementar planes de gestión integral de residuos sólidos.
<b>Resolución 1045 del 2003</b>	Establece la guía para la elaboración de los planes de gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS.
<b>Decreto 1287 de 2014</b>	Por el cual se establecen criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales
<b>Resolución 1433 de 2004</b>	Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones.
<b>Resolución 2145 de 2005</b>	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV.
<b>Decreto 1076 de 2015</b>	Ambiente y desarrollo Sostenible. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible

Resolución no. 068370 (27 / 05 / 2020) instituto colombiano agropecuario (ICA)	Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de productor, productor por contrato, envasador, importador y departamentos técnicos de ensayos de eficacia agronómica de Bioinsumos para uso agrícola; así como los
--	---

	requisitos para el registro de Bioinsumos para uso agrícola”
Norma 40 CFR parte 503 (Environmental Protection Agency (EPA), 2003)	Clasifica los biosólidos en dos Tipos (A y B) de acuerdo con la concentración de metales y la cantidad de microorganismos patógenos presentes

(Melo Cerón, Rodríguez González, & González Guzmán, 2017)

Se realiza una verificación de cumplimiento con la herramienta de análisis de datos “semáforo” de un indicador mediante el cual se aplican diferentes rangos o parámetros que permiten interpretar el cumplimiento del requerimiento legal a través de la aplicación de un color verde, rojo, naranja, según corresponda.

COLOR	SIGNIFICADO
Verde	Se cumple satisfactoriamente
Naranja	En proceso
Rojo	No se cumple

### **Objetivo específico 2**

Para el objetivo específico 2, Identificar el segmento de clientes que utilizarán biosólidos en sus procesos productivos, en aplicaciones agrícolas. Este objetivo se centra en la factibilidad estratégica del proyecto., se da inicio mediante la identificación y análisis del posible buyer persona creando el perfil de cliente a buscar posteriormente mediante observación y uso de segmentación geográfica de las más comunes en los modelos de negocios tradicionales ya que se basa en definir el país , ciudad y región específica que se tiene como objetivo para el desarrollo de los modelos de negocio , llegando a subdividirse hasta el tipo de persona , en este caso dirigido a la población de Cundinamarca se buscan los clientes potenciales.

Una vez identificados los posibles clientes potenciales se realiza la investigación de cada uno de los implicados mediante Documentos de archivo público para evaluar su potencial,

identificar si tienen o tendrán participación en proyectos enfocados en la sostenibilidad o si se encuentran en este momento en realizar mejoras en su producción. (Zendesk, 2024)

Por último, por medio de aplicación de cuestionarios físicos o virtuales se evaluarán los intereses de los diferentes prospectos y así poder realizar la segmentación final de clientes e identificar el principal nicho de mercado para el modelo de negocio en la zona.

### ***Población y Muestra***

La población de estudio se encuentra ubicada en la sabana de Bogotá, tomando la muestra bajo modelo de investigación no probabilístico (población donde están quienes son, y cuál es el criterio para no probabilístico cuantos son, cuales son y porqué

### ***Objetivo específico 3***

Para el objetivo específico 3, Comprender el contexto externo, para evaluar el entorno y la competitividad del proyecto. Este objetivo busca entender el panorama general en el que se desarrollará el proyecto.

Se tomará inicialmente como instrumento para la medición de los factores externos la matriz PESTEL es una herramienta que se utiliza para identificar las fuerzas externas a nivel macro que influyen sobre el proyecto y pueden determinar su evolución, tanto en términos económicos como de reputación. El acrónimo PESTEL se refiere a los factores que se analizan: Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Ecológicos y Legales. Por lo tanto, el análisis PESTEL es un estudio de mercado únicamente de factores externos que afectan a una empresa.. (Sales Bussines School, 2021)

Cabe aclarar que la información para análisis externo son documentos de carácter público y una vez se recopile la información de las se procede a realizar la respectiva evaluación de factibilidad

### **Objetivo específico 4**

Para el objetivo específico 4 “*Desarrollar una ficha con las características del biosólido con relación al aporte nutricional y limitaciones de uso. Este objetivo se enfoca en la caracterización del producto principal del proyecto.*” se realizará así:

#### - Muestra

Se realizará una búsqueda de información de valores nutricionales de los biosólidos a nivel bibliográfico en investigaciones previas sobre el tema, específicamente en usos agrícolas, así como la obtención de los análisis de los biosólidos producidos en la PTAR Salitre, para realizar una comparación de los valores encontrados a nivel local, con los valores nutricionales requeridos en los diferentes cultivos agrícolas en donde no exista limitación del uso de abonos elaborados a partir de biosólidos.

#### - Instrumento

Para desarrollar el objetivo específico 4, se elaborará una ficha en donde se consigne la información relevante de valores fisicoquímicos y de contenido nutricional de importancia para el crecimiento de los cultivos en donde los abonos creados a partir de biosólidos permitan su uso, desde el punto de vista normativo; esto para determinar la viabilidad de su uso desde el punto de vista técnico. En la siguiente tabla se puede observar el instrumento para comparar los datos obtenidos

Tabla 3. Instrumento Ficha Nutricional biosólido

Tipo de Cultivo	VALOR PARÁMETRO					
	Nitrógeno	Unidades	Fosforo	Unidades	Potasio	Unidades

PARÁMETRO CONTENIDO EN EL BIOSÓLIDO						
Biosólido	Nitrógeno	Unidades	Fosforo	Unidades	Potasio	Unidades

## HIPÓTESIS

Para comprobar el cumplimiento nutricional y fisicoquímico de los biosólidos para ser usados como abono en cultivos agrícolas y demostrar su efectividad como abono, se plantea una hipótesis nula, que es un enunciado relativo al valor de un parámetro que se formula con el fin de probar evidencia numérica, y se plantea una hipótesis alterna, que es un enunciado que se acepta si los datos de la muestra ofrecen suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. (Lind, Wathen, & Marchal, 2012)

Para esta investigación, se parte del hecho que los valores nutricionales de los biosólidos cumplen para ser usados como abonos en cultivos agrícolas en donde no se tenga restricciones normativas para su uso. La hipótesis Nula se describe a continuación:

$$H_0 = \text{Resultados laboratorio } (P, K, N) \geq \text{Promedio } (P, K, N) \text{ Teórico Ecuación 1}$$

En dónde;

$H_0$  = Hipótesis nula,

(P, N, K) = Parámetros Nutricionales Fosforo (P), Nitrógeno (N) y Potasio (K)

Si la relación anterior se cumple, quiere decir que los biosólidos tienen potencial para ser usados como abonos agrícolas, para lo cual se usará un nivel de significancia =90%

Se plantean dos Hipótesis alternas, que puntualizará lo que se pueda concluir si la hipótesis nula se rechaza, se describe a continuación:

$$H_1 = \text{Mayor a } (P, K, N) \text{ Ecuación 2}$$

Dos tipos:

En donde los parámetros nutricionales, físicos y químicos excedan el contenido adecuado para ser usado como abono y límite su uso como abono, es decir que estos factores excedan los niveles permitidos.

$$H_1 = \text{Menor que } (P, K, N) \text{ Ecuación 3}$$

En donde los parámetros nutricionales, físicos y químicos no tengan el contenido mínimo adecuado para ser usado como abono, y límite su uso como abono.

### **Supuesto**

El supuesto de investigación parte de la aceptación del uso de biosólidos en su proceso productivo de las empresas agrícolas y/o campesinos de cultivos a menor escala, que se encuentren ubicados en la sabana de Bogotá. Bajo el instrumento de entrevistas se medirá el nivel o grado de aceptación del uso de abonos generados a partir de biosólidos para la producción agrícola.

## **RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **Objetivo específico 1**

Para el objetivo específico 1, “Evaluar aspectos legales y regulatorios colombianos con respecto a la aplicación de biosólidos transformados en usos agrícolas. Este objetivo se enfoca en la prefactibilidad legal del proyecto.”

Categoría	Agente	Propósito principal	Regulación	Numero	Año	Regulación	Clausula/ Citacion	Resumen	ESTADO	Cumplimiento	Links																																													
VACIONAL	PRESIDENTE DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	Decreto	2811	1974	Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974	Todos	Toda persona natural o jurídica, pública o privada, que proyecte realizar o realice cualquier obra o actividad susceptible de producir deterioro ambiental, está obligada a declarar el peligro pre-susible que sea consecuencia de la obra o actividad.	Vigente		<a href="https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Decreto-2811-de-1974.pdf">https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Decreto-2811-de-1974.pdf</a>																																													
VACIONAL	PRESIDENTE DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	"Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos."	Decreto	1534	1984	Decreto 1534 de 1984	Art 40	<p>Establece los parámetros para los diversos tratamientos de aguas de acuerdo a su uso y disposición. Un agua residual debe haber tenido una REMOCIÓN DE LA CARGA ORGÁNICA DEL 80%; COMO MÍNIMO para ser vertida a una fuente superficial.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Referencia</th> <th>Expresado como</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Aluminio</td><td>Al</td><td>5.0</td></tr> <tr><td>Arsénico</td><td>As</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Berilio</td><td>Be</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Cadmio</td><td>Cd</td><td>0.01</td></tr> <tr><td>Cinc</td><td>Zn</td><td>2.0</td></tr> <tr><td>Cobalto</td><td>Co</td><td>0.05</td></tr> <tr><td>Cobre</td><td>Cu</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>Cromo</td><td>Cr<sup>6+</sup></td><td>0.1</td></tr> <tr><td>Fósforo</td><td>P</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>Hierro</td><td>Fe</td><td>5.0</td></tr> <tr><td>Litio</td><td>Li</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>Manganeso</td><td>Mn</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>Moibdeno</td><td>Mo</td><td>0.01</td></tr> <tr><td>Níquel</td><td>Ni</td><td>0.2</td></tr> </tbody> </table>	Referencia	Expresado como	Valor	Aluminio	Al	5.0	Arsénico	As	0.1	Berilio	Be	0.1	Cadmio	Cd	0.01	Cinc	Zn	2.0	Cobalto	Co	0.05	Cobre	Cu	0.2	Cromo	Cr <sup>6+</sup>	0.1	Fósforo	P	1.0	Hierro	Fe	5.0	Litio	Li	2.5	Manganeso	Mn	0.2	Moibdeno	Mo	0.01	Níquel	Ni	0.2	Vigente		<a href="https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=18617">https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=18617</a>
Referencia	Expresado como	Valor																																																						
Aluminio	Al	5.0																																																						
Arsénico	As	0.1																																																						
Berilio	Be	0.1																																																						
Cadmio	Cd	0.01																																																						
Cinc	Zn	2.0																																																						
Cobalto	Co	0.05																																																						
Cobre	Cu	0.2																																																						
Cromo	Cr <sup>6+</sup>	0.1																																																						
Fósforo	P	1.0																																																						
Hierro	Fe	5.0																																																						
Litio	Li	2.5																																																						
Manganeso	Mn	0.2																																																						
Moibdeno	Mo	0.01																																																						
Níquel	Ni	0.2																																																						

NACIONAL	El Ministro de Salud	Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título III de la Parte 4 del Libro 1 del Decreto -Ley número 2811 de 1974 y de los Títulos I, III y XI de la Ley 9 de 1973, en cuanto a Residuos Especiales.	Resolucion	2309	1986	Resolucion 2309 de 1986	Art 38	para almacenamiento de residuos especiales serán de dedicación exclusiva para este propósito y deberán cumplir, como mínimo, los siguientes requisitos: a. Tener iluminación y ventilación natural; b. Tener capacidad suficiente para contener los residuos que se espera almacenar más lo previsto para casos de acumulación o incrementos en producción; c. Estar señalizados con indicación para casos de emergencia y prohibición expresa de	Vigente		<a href="https://www.minot.gov.co/ministerio/normograma-sig/procesos-de-apoyo/gestion-de-recursos-fisicos/resoluciones/resolucion-2309-de-1986.aspx">https://www.minot.gov.co/ministerio/normograma-sig/procesos-de-apoyo/gestion-de-recursos-fisicos/resoluciones/resolucion-2309-de-1986.aspx</a>
NACIONAL	Congreso de Colombia	por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.	Ley	99	1993	ley 99 de 1993	TITULO XII	ARTICULO 84. Sanciones y Denuncias. Cuando ocurriere violación de las normas sobre protección ambiental o sobre manejo de recursos naturales renovables, el Ministerio del Medio Ambiente o las Corporaciones Autónomas Regionales impondrán las sanciones que se prevén en el artículo siguiente, según el tipo de infracción y la gravedad de la misma. Si fuere el caso, denunciarán el hecho ante las autoridades competentes para que se inicie la investigación penal respectiva.	Vigente		<a href="https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf">https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf</a>
NACIONAL	Congreso de Colombia	Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.	Ley	142	1994	ley 142 de 1994	Art 2	públicos. El Estado intervendrá en los servicios públicos, conforme a las reglas de competencia de que trata esta Ley, en el marco de lo dispuesto en los artículos 334, 336, y 365 a 370 de la Constitución Política, para los siguientes fines: Ver Decreto Nacional 958 de 2001. 2.1. Garantizar la calidad del bien objeto del servicio público y su disposición final para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios. 2.2. Ampliación permanente de la cobertura mediante sistemas que compensen la insuficiencia de la capacidad de pago de los usuarios. 2.3. Atención prioritaria de las necesidades básicas insatisfechas en materia de agua potable y saneamiento básico. 2.4. Prestación continua e ininterrumpida, sin excepción alguna, salvo cuando existan razones de fuerza mayor o caso fortuito o de orden técnico o económico que así lo exijan.	Vigente		<a href="https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=2752">https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=2752</a>

NACIONAL	EL MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO	"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS"	Resolucion	1096	2000	Resolucion 1096 de 2000	Capitulo 2	ARTÍCULO 10.- Los proyectos que se lleven a cabo en el territorio nacional en el sector de agua potable y saneamiento básico, cubiertos por el alcance de este Reglamento deberán ser ejecutados por profesionales que tengan las calidades y los requisitos de idoneidad que trata el Título II y deberán seguir el siguiente procedimiento general		<a href="https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=38541&amp;dt=5">https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=38541&amp;dt=5</a>
NACIONAL	PRESIDENTE DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos".	Decreto	1713	2002	Decreto 1713 de 2002	Capitulo 7	Artículo 67. Propósitos de la recuperación y aprovechamiento. La recuperación y aprovechamiento de los materiales contenidos en los residuos sólidos tiene como propósitos fundamentales: 1. Racionalizar el uso y consumo de las materias primas provenientes de los recursos naturales. Recuperar valores económicos y energéticos que hayan sido utilizados en los diferentes procesos productivos. 3. Reducir la cantidad de residuos a disponer finalmente en forma adecuada. 4. Disminuir los impactos ambientales, tanto por		<a href="https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=5542">https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=5542</a>
NACIONAL	EL MINISTRO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL,	"Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones".	Resolucion	1045	2003	Resolucion 1045 de 2003	TODOS	Que el artículo 36 del Decreto 2811 de 1974 señala que para la disposición o procesamiento final de las basuras se utilizarán, preferiblemente, los medios que permitan: a) Evitar el deterioro del ambiente y de la salud humana; b) Reutilizar sus componentes;		<a href="https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=9998">https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=9998</a>
NACIONAL		"Por el cual se establecen criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales"	Decreto	1287	2014	Decreto 1287 de 2014		Los biosólidos deberán cumplir con los valores máximos permisibles establecidos en la tabla 2 y se clasifican en una de las siguientes categorías: Categoría A y Categoría B PARÁGRAFO 2o. Los biosólidos que no cumplan con los valores máximos permisibles establecidos para su clasificación en las Categorías A y B, podrán usarse en: a) En la operación de rellenos sanitarios como cobertura diaria. b) En la disposición conjunta con residuos sólidos municipales en rellenos sanitarios y de manera		<a href="https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.aspx?id=1259502">https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.aspx?id=1259502</a>

NACIONAL	MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL	Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamientos y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones	Resolucion	1433	2004	Resolucion 1433 de 2004	Artículo 1	ARTÍCULO 10. PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS, PSMV. Es el conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial, los cuales deberán estar articulados con los objetivos y las metas de calidad y uso que defina la autoridad ambiental competente para la corriente, tramo o cuerpo de agua. El PSMV será aprobado por la		<a href="https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-1433-de-2004.pdf">https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-1433-de-2004.pdf</a>
NACIONAL	PRESIDENTE DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA	compilar la normatividad expedida por el Gobierno Nacional en ejercicio de las facultades reglamentarias conferidas por el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política, para la cumplida ejecución de las leyes del sector	Decreto	1076	2015	Decreto 1076 de 2015	Todos	10. Conservar en buen estado de limpieza los cauces y depósitos de aguas naturales o artificiales que existan en sus predios, controlar los residuos de fertilizantes, con el fin de mantener el flujo normal de las aguas y evitar el crecimiento excesivo de la flora acuática.		<a href="https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Decreto-1076-de-2015.pdf">https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Decreto-1076-de-2015.pdf</a>
NACIONAL	LA GERENTE GENERAL DEL INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA)	Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de productor, productor por contrato, envasador, importador y departamentos técnicos de ensayos de eficacia agronómica de Bioinsumos para uso agrícola; así como los requisitos para el registro de Bioinsumos para uso agrícola	Resolucion	68370	2020	Resolución no. 068370 (27 / 05 / 2020) instituto colombiano agropecuario (ICA)	CAPITULO V	ARTÍCULO 18. - DE LOS REQUISITOS PARA EL REGISTRO DE BIOINSUMOS PARA USO AGRÍCOLA. Toda persona registrada ante el ICA como productor, productor por contrato e importador de Bioinsumos para uso agrícola debe registrar el producto para la comercialización de éste, para lo cual debe realizar solicitud de acuerdo al Anexo V de la presente resolución ante el ICA, o ante quien éste delegue o autorice, para tal fin. La documentación que provenga en otros idiomas deberá ser traducida al idioma castellano (español) por traductores autorizados.		<a href="https://www.ica.gov.co/getattachment/14d518e8-71d4-4867-819c-b0ec3828f847/2020E68370.aspx">https://www.ica.gov.co/getattachment/14d518e8-71d4-4867-819c-b0ec3828f847/2020E68370.aspx</a>

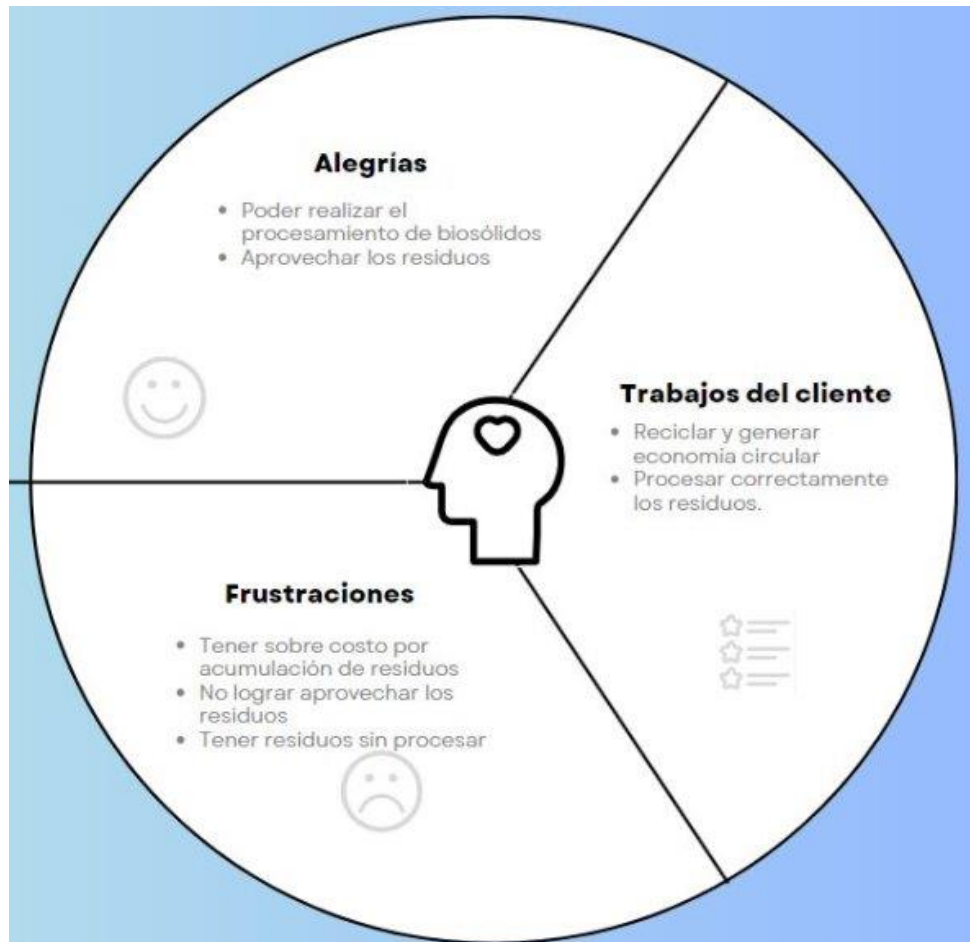
ESTADOS UNIDOS	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA)	Clasifica los biosólidos en dos Tipos (A y B) de acuerdo con la concentración de metales y la cantidad de microorganismos patógenos presentes	NORMA	40	2003	Norma 40 CFR parte 503 (Environmental Protection Agency (EPA), 2003)	Todos	La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) ha establecido dos categorías de biosólidos:  Los biosólidos de clase A han sido tratados hasta el punto en que la concentración de patógenos se reduce a niveles tan bajos que no se requieren restricciones adicionales o precauciones de manejo especiales por parte de las entidades reglamentarias federales [40 CFR, Part 503]. Si los biosólidos de clase A cumplen con requisitos excepcionales de calidad en cuanto al contenido de metales, se pueden vender en bolsas y aplicarse de la misma manera que otros mejoradores de suelos como por ejemplo musgo de pantano.  Los biosólidos de clase B se han sometido a tratamiento que ha reducido pero no eliminado todos los patógenos. Por definición, los biosólidos de clase B pueden contener patógenos. Como resultado, las disposiciones federales para uso de biosólidos de clase B requieren medidas adicionales para restringir el acceso del público y limitar el apacentamiento de ganado por períodos de tiempo especificados después de la aplicación de suelos [40		<a href="https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-12/documents/plain-english-guide-part503-biosolids-rule.pdf">https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-12/documents/plain-english-guide-part503-biosolids-rule.pdf</a>
----------------	---	---	-------	----	------	--	-------	--	--	---

### ***Objetivo específico 2***

Para el objetivo específico 2, Identificar el segmento de clientes que utilizarán biosólidos en sus procesos productivos, en aplicaciones agrícolas

Dentro del desarrollo de este objetivo, se realizó la validación sobre encuestas a interesados en el sector agro, para verificar si estuvieran interesados en el uso de biosólidos para sus cultivos, adicional, se implementó por medio de la encuesta, un diagrama de factores que se tienen en referencia positivos y negativos sobre el desarrollo y el uso de biosólidos para el agro.

- En primera instancia, se tiene la evaluación de alegrías, frustraciones y trabajos de los clientes, identificados a partir de las encuestas realizadas, se encuentra que las frustraciones actuales en los interesados sobre un producto derivado de biosólidos se lograrían cubrir al momento de implementar un procesamiento de estos residuos en su secado para disposición final en el agro. De esta forma se puede lograr definir un segmento de interesados en el desarrollo de tecnologías y de productos nacionales derivados de biosólidos.



- En segunda instancia, se logró encontrar que dentro del producto derivado de biosólidos, al tener características propias para recuperación de suelos, fertilizantes, fomentar la recogida y procesamiento de biosólidos y promover los estudios de suelos adecuados para cultivos, se logra obtener en definitiva un generados de materias primas que además promueve la economía circular, evitando además las acumulaciones en las PTAR y generando un secado adecuado de biosólidos para el uso agropecuario, de estar forma se logra cubrir las frustraciones encontradas en los interesados para este producto.



- En los resultados de la encuesta, a una población de 5 grupos, estos se lograron poner de acuerdo en los siguientes resultados alrededor de los biosólidos y el producto que se generaría a partir de un estudio y una viabilidad de producto establecida:

	CULTIVOS	AGRICULTOR BIOLOGO	BIOLOGO	AMBIENTAL	TOTAL
1. Qué características básicas requiere del biosólido acondicionado?					
a) Bajo contenido de humedad (35 al 50% de humedad)					
b) Alto contenido de materia orgánica	X	X	X	X	X
c) Alto poder calorífico					
d) a y c					
2. Sería un factor de no adquisición si:					
a) No me garantiza un volumen mínimo mensual					
b) No cumple con el contenido de humedad requerido en todas las entregas					
c) No me lo transportan hasta el lugar de uso					
d) Todas las anteriores	X	X	X	X	X
3. Es relevante para usted que el acondicionamiento del biosólidos se realice:					
a) De manera artesanal					
b) De manera industrializada		X			
c) Una combinación de los dos métodos	X		X		X
d) Ninguna de las anteriores				X	

PREGUNTA 1	TOTAL
A	
B	5
C	
D	

PREGUNTA 2	TOTAL
A	
B	
C	
D	5

PREGUNTA 3	TOTAL
A	
B	1
C	3
D	1

4. En cuanto a la presentación del producto, le gustaría que fuera entregado en:							PREGUNTA 4 TOTAL	
a) Bultos de 50 kg de polipropileno reciclado	X	X	X	X	X		A	5
b) Bultos film plástico de 50 Kg							B	
c) Viajes de volquetas							C	
d) Ninguna de las anteriores							D	
5. Que lo motiva a adquirir el producto							PREGUNTA 5 TOTAL	
a) Producto que cierra un ciclo y hace parte de la economía circular	X	X	X	X	X		A	5
b) La calidad del biosólido en cuanto a contenido de materia orgánica							B	
c) Material más económico como material de construcción							C	
d) Materia prima apta para mi cadena de producción							D	
6. Cuando usted ve la planta de producción proyectada							PREGUNTA 6 TOTAL	
a) Piensa que es un proyecto 100% industrializado							A	
b) Piensa que es una planta de gran tamaño que necesita mucha inversión		X					B	1
c) Piensa que es un proyecto con futuro y garantía de supervivencia			X				C	1
d) a y c	X			X	X		D	3
e) b y d								
7. estarías interesado en un servicio de que vayamos a abonar el terreno con el abono de biosólidos							PREGUNTA 7 TOTAL	
a) SI	X	X	X	X	X		SI	5
b) NO							NO	

Si siempre y cuando me muestren el aporte nutricional que tendría ese biosólido en el cultivo (fósforo, nitrógeno, etc)  
Si me lo vendieran con una ficha técnica sería mejor para tomar decisiones

- En estas encuestas presentadas, se logra identificar algunas de las características de interesados a saber:
  - Alto contenido en material orgánico
  - Condiciones en las cuales no se podría adquirir el producto
  - Los métodos en los cuales se debería lograr procesar el biosólido
  - En que tamaños se prefiere tener el fertilizante.
  - Las motivaciones para adquirir el producto
  - Como se ven las plantas para el procesamiento por parte de los interesados
  - Servicios adicionales que se pueden tener al momento de disponer de biosólidos con los interesados.

Con lo anterior, se puede entender el contexto de interesados en la adquisición de productos derivados de aguas residuales como los biosólidos y como estos productos podrían llegar a ayudar realmente a un sector socio económico específico y de gran impacto.

### Objetivo específico 3

Para el objetivo específico 3, Comprender el contexto externo, para evaluar el entorno y la competitividad del proyecto. Este objetivo busca entender el panorama general en el que se desarrollará el proyecto.

Se realiza el análisis del entorno mediante la implementación de la matriz PESTEL tomando los principales factores que influyen en el desarrollo de este proyecto de igual forma se analizó el impacto que tienen y se concluyó la oportunidad o amenaza que se deriva de este factor

Factores POLÍTICOS	DESCRIPCIÓN DEL FACTOR CON PRECISIÓN	COMPORTAMIENTO	IMPACTO	CONCLUSIÓN factor
1. Modelos político-económicos vigentes en el poder donde se encuentra la empresa, donde comercializa	para el tratamiento y uso de biosólidos se tiene el decreto 1287 de 2014	establece los criterios para el uso de los biosólidos producidos a partir de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales	Es un impacto positivo ya que la propuesta de gobierno apoya el aprovechamiento de los residuos y parametriza para su correcta aplicación	A nivel de modelo político- económico donde se comercializan los servicios de tratamiento de agua para potabilizarla y realizar el tratamiento de agua residual; es un factor de oportunidad, a razón de las políticas nacionales promueven que las industrias realicen un tratamiento de sus aguas residuales para aprovechamiento o verterla de acuerdo a unos criterios de calidad
3. Plan Nacional y Local de desarrollo (general y sus implicaciones en el sector al cual pertenece la empresa)	Plan de acción para la gestión sostenible de la biomasa residual	Establece acciones tendientes a la reducción y el aprovechamiento de la biomasa residual generada mediante la articulación de los actores que hacen parte de la cadena de valor así como actores instituciones en el marco de la estrategia nacional de economía circular	Es un impacto positivo ya que en el marco de la estrategia nacional de economía circular se establecieron metas con relación a la gestión de la biomasa residual que responde a una visión de incrementar en un periodo de 10 años ( 2030) el 20% del aprovechamiento de la biomasa y fomentar los proyectos innovadores de aprovechamiento	las metas establecidas bajo el plan de acción dan una oportunidad para ingresar en el mercado con el aprovechamiento de los biosólidos
4. revisar si hay Representatividad/Asociatividad en gremios y otros organismos relacionados con el sector de la empresa	La Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental – ACCODAL	Participar junto con las entidades públicas y privadas en el diseño de políticas, planes y programas que deben seguirse en materia de saneamiento ambiental.	Un impacto positivo, se vincula al apoyo del ministerio de vivienda y ambiente y desarrollo sostenible	Existe una oportunidad al tener apoyo desde el ministerio de ambiente para la promoción de métodos que apoyen a volver el proceso agrícola sostenible

Factores ECONÓMICOS	DESCRIPCIÓN DEL FACTOR CON PRECISIÓN	COMPORTAMIENTO	IMPACTO	CONCLUSIÓN FINAL
2. Tasa de Cambio	Variación en la tasa de cambio.	La variación en las tasas de cambio genera que el proceso de compras al exterior nose tenga certeza de la TRM influyendo en los costos generados para la tecnología que se requiere para realizar el secado del biosólido y que lo haga apto para el uso agrícola	El impacto es negativo, teniendo en cuenta que se podría llegar a aumentar los precios de venta debido al costos de compra de los productos importados.	La variación en la tasa de cambio genera que la tecnología requerida para el proceso de aprovechamiento de los biosólidos sea más costoso y por ende afecte su competitividad en el mercado
3. Tasas de Crédito	Aumento en las tasas de crédito (Figura 1.2)	Al analizar los últimos 5 años del comportamiento para los últimos dos años ha presentado un aumento significativo llegando a un promedio del 14%.	Esto presenta un impacto negativo, dado que al momento de generar un proceso de crédito para aumentar o adquirir productos genera un impacto entorno al endeudamiento que no sería factible para la implementación de producción	El aumento en las tasas de crédito podría ser una amenaza, sobre todo si se adquieren créditos que tengan variación en los intereses, además de la adquisición de créditos, que podría generarse con intereses altos.
5. Inflación	Disminución temporal de la inflación	Temporalmente la inflación ha tenido un comportamiento favorable, dada la reducción de la misma, sin embargo al revisar el comportamiento histórico de la inflación en los últimos dos años ha presentado un aumento con respecto a los años anteriores. <a href="https://pbit.bancodebogota.com/Investigaciones/Proyecciones.aspx">https://pbit.bancodebogota.com/Investigaciones/Proyecciones.aspx</a>	Teniendo en cuenta la reducción de la inflación en el último semestre, este comportamiento es positivo ya que facilita la baja en precios y favorecería el poder adquisitivo.	La disminución de la inflación genera una oportunidad de estudiar la adquisición de equipos para el tratamiento de los biosólidos muy de la mano con el comportamiento del dólar, además para poder estimar en el momento de ejecución el valor de venta correspondiente
9. Análisis de Mercado a nivel NACIONAL	valoración del mercado a nivel nacional	El mercado colombiano de fertilizantes se valoro en 1.244 millones de dolares en 2021, representando el 3.4 % del mercado global, teniendo como objetivo alcanzar 1.829 MUSD en 2027 registrando una tasa de crecimiento anual del 6.5% hasta 2027 (ICEX, PRODUCTOS FERTILIZANTES EN COLOMBIA, 2021)	Tiene un impacto positivo al tener una proyección de venta alta a nivel global lo que abre una puerta de comercialización no solo local en la sabana	es una oportunidad debido a que existe una participación de mercado a nivel global lo que genera que los fertilizantes de origen biológico tengan posibilidad de entrar en mercados competitivos proyectándose a generar utilidades altas
10. Análisis de Mercado a nivel INTERNACIONAL	competencia a nivel internacional	Historicamente Colombia ha sido un país que depende de fertilizantes e insumos agropecuarios extranjeros, esto debido a la falta de producción de insumos como son el potasio, el nitrógeno el fósforo, teniendo una producción del 5%	impacto positivo de acuerdo a la dependencia que se tiene a nivel nacional de los proveedores, lo que abre un espacio en el mercado para el trabajo de productos derivados de los biosólidos producidos localmente	se Presenta la oportunidad de mercado al tener dependencia en un gran porcentaje del mercado extranjero a nivel de fertilizantes

Factores SOCIALES	DESCRIPCIÓN DEL FACTOR CON PRECISIÓN	COMPORTAMIENTO	IMPACTO	CONCLUSIÓN FINAL
1. Demografía	público Objetivo de consumidores	El público Objetivo es la comunidad rural de la sabana de Bogotá que se encuentra en los municipios aledaños compuesto por personas que componen directamente el gremio de cultivadores de tierra para producción de flores, café y ganadería de la región, son medianos y pequeños agricultores con no más de 5 fanegadas se encuentran en edades de 18-60 años y cuentan con la capacidad de pago para adquirir abono orgánico	esto genera un impacto positivo ya que la población objetivo por su capacidad adquisitiva no tendrían problema con el costo de abonos derivados de biosólidos	se encuentra una oportunidad y un espacio de mercado amplio por la capacidad del público objetivo para adquirir y generar el aprovechamiento de los biosólidos
7. Tendencias de consumo	uso de Bioinsumos	Colombia representa en este momento el 0.3% del mercado global de bioinsumos y tiene la proyección de generar una expansión importante en el aprovechamiento de los mismos, con una tendencia creciente en la producción y consumo con una mayor conciencia	Esta tendencia genera un impacto positivo teniendo en cuenta que el crecimiento y la participación de mercado genera la seguridad de que los biosólidos son una línea de negocio rentable.	existe una oportunidad al existir una tendencia favorable frente a la aceptación de bioinsumos
8. Salubridad	impacto en la salud pública del uso de biosólidos	el uso de biosólidos genera incertidumbre para los consumidores tanto de los alimentos producidos mediante procesos de agricultura sostenible como para los agricultores que son posibles clientes para el aprovechamiento de los biosólidos es necesario compartir y capacitar a la población sobre los procesos de transformación de biosólidos, y los criterios que exige el decreto 1287 de 2014 para disminuir la incertidumbre	Genera un impacto negativo al existir resistencia al cambio por parte de los agricultores debido al miedo que genera posibles enfermedades a raíz de la aplicación de biosólidos en los cultivos	Existe la amenaza proveniente del desconocimiento sobre el tratamiento aplicado a los biosólidos por parte de los agricultores, se requiere generar una capacitación juiciosa y constante para mitigar cualquier tipo de duda que deteriore la participación en el mercado de fertilizantes

Factores TECNOLÓGICOS	DESCRIPCIÓN DEL FACTOR CON PRECISIÓN	COMPORTAMIENTO	IMPACTO	CONCLUSIÓN FINAL
1. Gasto Público/privado en promoción en Investigación, Desarrollo e Innovación de nuevas tecnologías	Generar mejores adecuaciones para el manejo de aguas residuales basado en desarrollo e innovación de tecnologías con un alcance y procesamiento mayor al actual.	En la actualidad, las entidades privadas deben implementar el tratamiento de aguas residuales, para el secado de biosólidos generados como desecho o sobrante del proceso de aguas, por lo cual, se incluye en varias compañías un proceso de tratamiento de aguas residuales, sobre el cual constantemente se solicitan optimizaciones y avances de investigación, estos, en su mayoría están disponibles para la gestión tecnológica, facilitando que entidades públicas como los acueductos puedan validar la opción de tomar estos productos y aplicaciones industriales en los procesos de tratamiento de aguas residuales.	Este comportamiento genera un impacto positivo, ya que en colaboración con las entidades privadas, se lograría un desarrollo integral en favor del tratamiento de aguas residuales y biosólidos, además de impactar la gestión de biosólidos y su disposición final.	El gasto de entidades públicas y privadas en el desarrollo de nuevas tecnologías para biosólidos y aguas residuales, es una oportunidad ya que impulsará los procesos de tecnificación y adquisición de nuevas tecnologías, teniendo en cuenta las optimizaciones y procesos de manejo de aguas que solicitan las empresas actualmente.
2. Nueva Tecnología: conocimiento, equipos, máquinas, software, hardware y su disposición en el mercado Internacional o Nacional	Validación de tecnologías y experiencias en la aplicación de productos derivados de biosólidos, basado en el desarrollo tecnológico y la disposición de equipos a nivel nacional y del	Se generan nuevas tecnologías que será importante explorar, es el caso de las tecnologías exploradas por el MIT para el tratamiento de agua residual, utilizando energía solar; la tecnología está en desarrollo, sin embargo recientes publicaciones, confirman que este dispositivo se encuentra en proceso de prototipo y pruebas, con lo cual, se tiene la posibilidad de adquirir nuevas opciones de procesamiento sostenible de aguas residuales.	Este es un impacto positivo siempre que se esté a la vanguardia de las tecnologías, ya que puede abrir nueva oportunidad de procesamiento de aguas y sus residuos dentro de nuevas tecnologías y conocimientos tanto en el exterior como a nivel nacional.	Las nuevas tecnologías del sector son una oportunidad para poder llegar a un desarrollo óptimo, estable y con mayor credibilidad en el proceso de tratamiento de residuos para mejorar la calidad de productos derivados de aguas residuales como lo son biosólidos en el abono de tierras y recuperación de terrenos.

Factores Ambientales	DESCRIPCIÓN DEL FACTOR CON PRECISIÓN	COMPORTAMIENTO	IMPACTO	CONCLUSIÓN FINAL
1. Condiciones Climáticas y situaciones fortuitas de la naturaleza	Aumento de efecto gas invernadero y el calentamiento global	<p>Colombia aporta el 0,37% (180.008,18 Giga gramos) del total emitido en el mundo (49 gigatoneladas). Además, tiene una de las metas más ambiciosas del mundo para disminuir la generación de esos gases, pues espera bajar sus emisiones en un 51 por ciento para 2030 y neutralizarlas para 2050  <a href="http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf">fuente: http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf</a></p> <p>En Colombia, según estudios realizados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 391 municipios ya están expuestos al riesgo de escasez de agua. El cambio climático está incrementando las anomalías pluviales, y se prevé que las temperaturas medias aumentarán en hasta 2,14 grados hacia el final del siglo. El resultado probable será un mayor número de sequías e inundaciones.</p> <p>Todavía persisten deficiencias considerables en los servicios de agua: la cobertura del abastecimiento de agua gestionado de manera segura llegó al 73% a nivel nacional (el 40% en las zonas rurales) y la cobertura del saneamiento gestionado de manera segura a tan solo el 17%.</p>	Las condiciones climáticas a nivel global orientan a que el país adopte medidas orientadas, promover el desarrollo territorial, aumentar la resiliencia y aprovechar la economía circular (en el que las aguas residuales ya no son vistas como desechos, sino como un recurso valioso y se plantean proyectos para el aprovechamiento de biosólidos).	El impacto de aumento de efecto gas invernadero, apuntan a una oportunidad, al promover la economía circular con el aprovechamiento de los residuos provenientes de las aguas residuales específicamente los biosólidos
2. Regulaciones Ambientales	Legislación ambiental que regula el tratamiento y uso de biosólidos	el decreto 1287 de 2014 juega un papel crucial en la gestión de los biosólidos dado que se encuentra enfocado en la protección de la salud pública y da las pautas y limitaciones para que sea admisible la transformación y aprovechamiento de los biosólidos	tiene un impacto positivo siempre y cuando se cumplan con los criterios establecidos para el uso de biosólidos	la existencia del decreto 1287 permite tener una ruta y los límites claros para participar de manera eficiente en el mercado y cumpliendo con las regulaciones nacionales
3. Sostenibilidad	Prácticas sostenibles en la agricultura y el uso de biosólidos	es una necesidad esencial implementar el modelo de agricultura sostenible para garantizar la seguridad alimentaria para las generaciones presentes y futuras debido al crecimiento de la población mundial que para 2050 se calcula sea de 9.700 millones de personas que genera una alta demanda de alimentos provocando un aumento de productividad del 70% <a href="https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/la-agricultura-sostenible-clave-en-el-bienestar-de-las-sociedades/">https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/la-agricultura-sostenible-clave-en-el-bienestar-de-las-sociedades/</a>	la conciencia por parte de la comunidad agrícola de las prácticas sostenibles es positivo para fomentar el aprovechamiento de los biosólidos y su respectiva aplicación en cultivos agrícolas	es una oportunidad ya que es una práctica adicional para los agricultores que se encuentran interesados en hacer parte de un mercado sostenible mejorando sus procesos y con la finalidad de la mejora en suelos y productos finales

Factores LEGALES	DESCRIPCIÓN DEL FACTOR CON PRECISIÓN	COMPORTAMIENTO	IMPACTO	CONCLUSIÓN FINAL
1. Legislación sobre el sector, operativo, comercial, jurídica, fiscal.	Valores permisibles en biosólidos para usos	<p>Los biosólidos deberán cumplir con los valores máximos permisibles establecidos en la tabla 2 y se clasifican en una de las siguientes categorías: Categoría A y Categoría B</p> <p><b>PARÁGRAFO 2o.</b> Los biosólidos que no cumplan con los valores máximos permisibles establecidos para su clasificación en las Categorías A y B, podrán usarse en:</p> <p>a) En la operación de rellenos sanitarios como cobertura diaria.</p> <p>b) En la disposición conjunta con residuos sólidos municipales en rellenos sanitarios y de manera independiente en sitios autorizados.</p> <p>c) En procesos de valorización energética.</p> <p>Los biosólidos que no se usen de acuerdo con lo aquí dispuesto, deberán disponerse o ser tratados hasta cumplir con los valores establecidos en las categorías A y B para viabilizar su uso.</p>	Dependiendo categoría de composición de biosólido se caracteriza para su uso	Se identifica oportunidad en el uso de biosólido en rellenos sanitarios, valoración energética
1. Legislación sobre el sector, operativo, comercial, jurídica, fiscal.	Requisitos bioinsumos para uso agrícola	<p><b>ARTÍCULO 18.- DE LOS REQUISITOS PARA EL REGISTRO DE BIOINSUMOS PARA USO AGRÍCOLA.</b> Toda persona registrada ante el ICA como productor, productor por contrato e importador de Bioinsumos para uso agrícola debe registrar el producto para la comercialización de éste, para lo cual debe realizar solicitud de acuerdo al Anexo V de la presente resolución ante el ICA, o ante quien éste delegue o autorice, para tal fin.</p>	Los biosólidos como bioinsumo para productos agrícolas están regularizados	Toda persona registrada ante el ICA como productor, productor por contrato e importador de Bioinsumos para uso agrícola debe registrar el producto para la comercialización de éste, para lo cual debe realizar solicitud de acuerdo al Anexo V de la presente resolución ante el ICA
1. Legislación sobre el sector, operativo, comercial, jurídica, fiscal.	Clasificación de biosólidos	<p>La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) ha establecido dos categorías de biosólidos:</p> <p>Los biosólidos de clase A han sido tratados hasta el punto en que la concentración de patógenos se reduce a niveles tan bajos que no se requieren restricciones adicionales o precauciones de manejo especiales por parte de las entidades regulatorias federales [40 CFR Part 503]. Si los biosólidos de clase A cumplen con requisitos excepcionales de calidad en cuanto al contenido de metales, se pueden vender en bolsas y aplicarse de la misma manera que otros mejoradores de suelos como por ejemplo musgo de pantano.</p> <p>Los biosólidos de clase B se han sometido a tratamiento que ha reducido pero no eliminado todos los patógenos. Por definición, los biosólidos de clase B pueden contener patógenos. Como resultado, las disposiciones federales para uso de biosólidos de clase B requieren medidas adicionales para restringir el acceso del público y limitar el apacentamiento de ganado por períodos de tiempo especificados después de la aplicación de suelos [40 CFR Part 503]. Esto permite que desaparezcan de manera natural los patógenos presentes en el suelo.</p>	Los biosólidos con no cumplimiento de patógeno requieren medidas adicionales para su uso	Se identifica amenaza al no cumplir los requerimientos y niveles de patógenos se limita el uso y la necesidad de aplicar procesos adicionales para la reducción de patógenos

De acuerdo con el análisis realizado al entorno en el que se desarrolla el proyecto como se puede ver en las tablas anteriores y en el Anexo 1 para el aprovechamiento de los Biosólidos se encuentra una gran oportunidad en el mercado siempre y cuando a la hora de realizar la implementación se esté muy de la mano con el decreto 1287 de Julio de 2014 y cumpliendo con los requisitos de los organismos gubernamentales, adicionalmente se encuentra que el camino ideal es hacer parte de las practicas sostenibles para la agricultura fomentando desde la capacitación a los pequeños y medianos productores en lo que son los Biosólidos transmitiéndoles tranquilidad en su uso y resaltando las ventajas frente a los fertilizantes tradicionales .

#### **Objetivo específico 4**

Para el análisis de la efectividad de los biosólidos para ser usados como abonos en aplicaciones industriales, se investigó el requerimiento nutricional de determinados cultivos en donde pueden ser usados los biosólidos Categoría A, que de acuerdo a la normatividad vigente (Decreto 1287 de 2014) pueden ser usado en agricultura. Se seleccionaron cereales y oleaginosas como cultivos a analizar sus requerimientos nutricionales como son maíz, trigo, arroz, soja y girasol, teniendo en cuenta rendimientos de 9000 kg/ha de maíz, 5000 kg/ha de trigo, 6000 kg/ha de arroz, 4000 kg/ha de soja y 3500 kg/ha de girasol.

REQUERIMIENTO NUTRICIONAL (KG/TON)	TIPO DE CULTIVO				
	Maíz	Trigo	Arroz	Soja	Girasol
Nitrógeno	22	30	22,2	80	40
Fosforo	4	5	3,1	8	5
Potasio	19	19	26,2	33	28

Fuente: (IPNI, 2002)

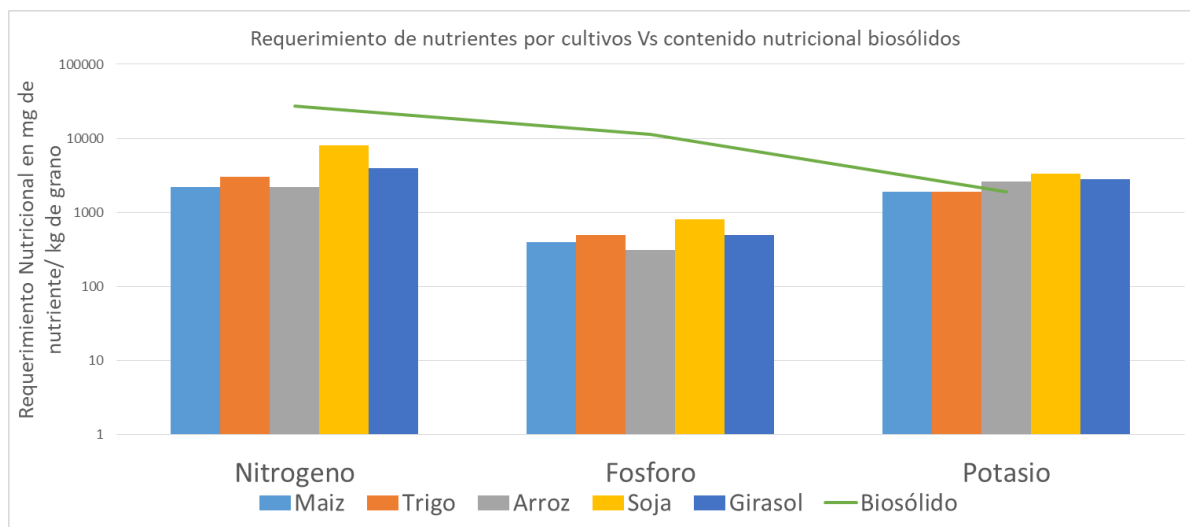
De acuerdo a los resultados de la caracterización de los biosólidos de la PTAR Salitre, a continuación, se muestra el contenido de estos nutrientes en el biosólido producido en esta planta:

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR
FÓSFORO TOTAL	mg/kg P (BS)	11284
NITRÓGENO TOTAL	mg/kg N (BS)	27331
POTASIO	mg K/mg	1947

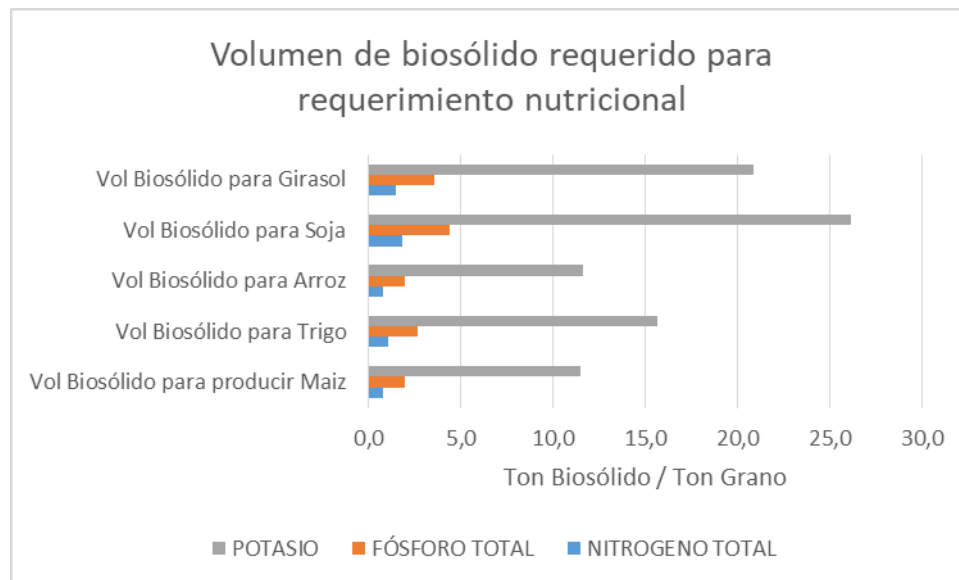
Para poder comparar los valores, se convierten los valores de requerimiento nutricional de kilogramo/ton a mg requerido por cada kg a producir de cada cultivo, obteniendo los siguientes valores:

Tipo de Cultivo	VALOR PARÁMETRO					
	Nitrógeno	Unidades	Fosforo	Unidades	Potasio	Unidades
Maíz	2200	mg/kg de grano	400	mg/kg de grano	1900	mg/kg de grano
Trigo	3000		500		1900	
Arroz	2220		310		2620	
Soja	8000		800		3300	
Girasol	4000		500		2800	
PARÁMETRO CONTENIDO EN EL BIOSÓLIDO						
Biosólido	Nitrógeno	Unidades	Fosforo	Unidades	Potasio	Unidades
	27331	mg/kg P (BS)	11284	mg/kg N (BS)	1947	mg/kg K (BS)

En la siguiente gráfica se realiza la comparación de los valores obtenidos con respecto al contenido de estos nutrientes en los biosólidos



De la gráfica anterior se puede observar que el contenido de Nitrógeno y fósforo para todos los cultivos, es suficiente para suplir el requerimiento nutricional de este nutriente, mientras que en el parámetro de Potasio no alcanza a cubrir el requerimiento para maíz y trigo, pero no alcanza a suplir las necesidades nutricionales para arroz, soja y girasol. En la siguiente gráfica se muestra, el análisis teniendo en cuenta la cantidad de biosólido se requiere para cumplir el requerimiento nutricional, se tiene que es posible cumplir con la demanda de nutrientes, discriminado por cada cultivo



En cuanto a sustancias de interés sanitario como son los metales pesados, de acuerdo a la resolución 068370 del ICA, en su parágrafo 6 define que “*Los biofertilizantes que deseen garantizar porcentajes de carbono orgánico tanto en el registro como en la etiqueta, deberán reportar contenido de carbono orgánico oxidable total mínimo de 20%, valor de pH y concentración de metales pesados en mg/Kg (ppm): Arsénico (As) 41, Cadmio (Cd) 39, Cromo (Cr) 1200, Mercurio (Hg) 17, Níquel (Ni) 420 y Plomo (Pb) 300.*” Con base en lo anterior, se

realiza la comparación con las concentraciones obtenidas en los biosólidos y los valores máximos permitidos por el ICA para biofertilizantes, como se muestra a continuación

Parámetro	Unidades	Valor permitido	Valor presentado promedio Biosólidos
Cadmio	mg/Cd kg (BS)	39	0.6
Mercurio	mg Hg/Kg (BS)	17	1.8
Arsénico	mg/As kg (BS)	41	5.9
Cromo	mg Cr/Kg (BS)	1200	18
Níquel	mg Ni/Kg (BS)	420	18
Plomo	mg Pb/Kg (BS)	300	18

Para comprobar la hipótesis planteada, se realizó una prueba F de la varianza de los datos obtenidos de los diferentes muestreos realizados a los biosólidos provenientes de la PTAR Salitre, dicha prueba se realizó para los parámetros de requerimiento nutricional, como se muestra a continuación

### NITRÓGENO

	<i>Biosólidos</i>	<i>Cultivos</i>
Media	27331	3284
Varianza	54844873,5	1461280
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
<b>F</b>	<b>37,532077</b>	
P(F<=f) una cola	0,00198562	
<b>Valor crítico para F (una cola)</b>	<b>4,10724954</b>	

### FOSFORO

	<i>Biosólidos</i>	<i>Cultivos</i>
Media	11284,32	502
Varianza	43982308,54	34020
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
<b>F</b>	<b>1292,836818</b>	
P(F<=f) una cola	1,79118E-06	
<b>Valor crítico para F (una cola)</b>	<b>4,107249542</b>	

POTASIO		
	<i>Biosólidos</i>	<i>Cultivos</i>
Media	1914,5	2504
Varianza	13345,25	366080
Observaciones	5	5
Grados de libertad	4	4
<b>F</b>	<b>0,03645446</b>	
P(F<=f) una cola	0,00362424	
<b>Valor crítico para F (una cola)</b>	<b>0,24347194</b>	

El análisis se realizó para los datos de 4 muestreos realizados a los biosólidos, dos en época seca y dos en época de lluvias. De lo anterior cabe resaltar que, como se observó en la gráfica de requerimiento de nutrientes por cultivo versus el contenido nutricional de los biosólidos, para los parámetros Nitrógeno y fósforo el valor F es mayor al valor crítico para F, por lo tanto no se cumple la hipótesis nula, y se deben evaluar las hipótesis alternas, específicamente la hipótesis alterna N°1, en donde se cumple, para estos dos parámetros que el valor nutricional de los biosólidos se cumple, pero puede ser bastante excesivo, por lo cual, se debe realizar un tratamiento para que, dependiendo del cultivo, estos parámetros no se encuentren en exceso generando intoxicación a los cultivos evaluados.

En cuanto el parámetro Potasio, el valor F es mayor al valor crítico presentado, por lo tanto, no cumple la hipótesis nula, pero cumple la hipótesis alterna N°2, en donde por deficiencia de este nutriente en los biosólidos, puede limitar su aplicación en los cultivos de arroz, soja y girasol.

## Conclusiones

- Los criterios legales tanto a nivel de legislación colombiana (Decreto 1287 de 2014 - Resolución no. 068370 (27 / 05 / 2020) instituto colombiano agropecuario (ICA)) como de referencia de Estados Unidos con la Environmental Protection Agency EPA (Norma 40 CFR parte 503) son fundamentales para asegurar que los biosólidos se utilicen de

manera segura y sostenible, sin que representen peligros para los ecosistemas y el ser humano, beneficiando tanto a la agricultura como al medio ambiente. El Decreto 1287 de 2014, establece los valores máximos permisibles para categorizar los biosólidos en A y B teniendo en cuenta los valores máximos permisibles para metales pesados; Así mismo, los biosólidos deben cumplir con criterios microbiológicos como la presencia de coliformes fecales, salmonella y otros patógenos, así como el contenido de materia y contaminantes orgánicos persistentes.

- Los sitios para almacenamiento de residuos especiales deberán cumplir los requerimientos de la Resolución 2309 de 1986.
- Realizado el análisis del entorno por medio del instrumento PESTEL y como fue mencionado se encuentra una gran oportunidad en el mercado siempre y cuando se cumpla en el desarrollo de las actividades con el Decreto 1287 de 2014 donde se encuentran los criterios para la correcta aplicación de los Biosólidos , adicionalmente se encuentra una gran oportunidad en las practicas sostenibles de la agricultura fomentando a los agricultores a mejorar su prácticas en búsqueda de beneficios ofrecidos por los organismos gubernamentales.
- En cuanto a los requerimientos nutricionales, se evidenció que los biosólidos producidos en la PTAR Salitre tienen un alto potencial para cumplir requerimientos nutricionales de los cultivos analizados, con excepción del Potasio, que para cultivos como Arroz, Soja o Girasol, pueden llegar a tener deficiencia en este parámetro, aunque con una diferencia mínima que puede ser compensada con más volumen de biosólido

para la elaboración del fertilizante, o realizando adición de este componente en la mezcla para cumplir con el requerimiento de dichos cultivos.

- Se debe realizar un tratamiento previo para equilibrar la cantidad de fósforo y nitrógeno y evitar que por exceso de estos nutrientes pueda afectar el normal crecimiento de los cultivos analizados; esto implica un proceso de compostaje con otros materiales u otro proceso para que, de manera controlada, se logren los niveles de nutrientes deseados, dependiendo del cultivo objetivo. Sin embargo, por el contenido de estos nutrientes en los biosólidos, que son de difícil obtención de manera industrial, se concluye que pueden ser usados como insumo para la generación de fertilizantes de origen orgánico, incluyéndose en la cadena productiva de la agricultura, contribuyendo de esta manera en el objetivo de afianzar la economía circular y aportando a la adecuada gestión de los residuos sólidos, que dejan de ser un problema y que pueden convertirse en materia prima de alto valor.
- Al realizar la validación sobre aceptación y las necesidades identificadas por medio de encuestas para el uso de biosólidos, encontramos que con gran relevancia se prefiere este tipo de insumo para abonado de tierras, esto si cumpliendo con ciertas expectativas de composición para su aplicación en cultivos.
- Se encuentra utilidad de estos biosólidos no solo en el aporte a cultivos, también en la restauración de tierras que han perdido propiedades importantes para cultivo o siembra de bosques, encontrando además un beneficio adicional en la recogida y procesamiento de los biosólidos para generación de productos terminados de abonado.
- Se encontró que una de las frustraciones actuales sobre los biosólidos en nuestra sociedad es el no tener como generar el procesamiento adecuado de estos residuos y

su aprovechamiento, teniendo en cuenta que estos podrían generar en gran medida un valor a lo que es la industria y la tecnología.

- Como aporte social, se tiene un aporte potencial en la economía circular, sobre la cual influye directamente el uso de biosólidos tanto en restauración de tierras como en su aprovechamiento en otros usos como combustible, con lo cual se genera un aporte de gran impacto a residuos que actualmente no se logran aprovechar en su totalidad.

## Referencias

- Toffey, W., & Brown, S. (2020). Biosolids and ecosystem services: Making the connection. *Environmental Science & Health Elsevier*, 51-55.
- asocolflores. (2020). *Asocolfores , quienes somos* . Retrieved from <https://asocolflores.org/es/quienes-somos/>
- Awasthi, M. K., Singh, E., Binod, P., Sindhu, R., Sarsaiya, S., Kumar, A., . . . Zhang, Z. (2022). Biotechnological strategies for bio-transforming biosolid into resources toward circular bio-economy: A review. *Elsevier Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 156-186.
- cafeteros, F. n. (2021). *mapa Ejecución de proeyctos sostenibles*. Retrieved from <https://federaciondefcafeteros.org/wp/mapa-de-proyectos/>
- Calderon , J., Castro, M., Nuñez, D. A., Vargas, A. K., & Velásquez, D. (2020). Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*,, 315-322.
- Cano Londoño, N. A., Gallego Suarez, D., & Velazques, H. I. (2017). Emery analysis for the sustainable utilization of biosolids generated in a municipal wastewater treatment plant. *Elsevier, Journal of cleaner production*, 182-193.
- Cerda, J. M. (2003). *EFFECTO DEL LODO RESIDUAL EN EL RENDIMIENTO Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE HORTALIZAS Y GRANOS BASICOS*. Nuevo Leon.
- Elgarahy, A. M., Eloffy, M., Priya, A., Yogeshwaran, V., Yang, Z., Elwakeel, K., & Lopez Maldonado, E. A. (2024). Biosolids management and utilizations: A review. *Journal of Cleaner Production*.
- Halden, R. U., & Venkatesan, A. K. (2020). Moving toward a waste-free circular economy by example of biosolids. *Environmental Science & Health Elsevier*, A1-A3.
- ICA. (2024). *Instituto Colombiano Agropecuario*. Retrieved from Dirección técnica de inocuidad e insumos agrícolas, Programa de Fertilizantes y Bioinsumos: <https://www.ica.gov.co/>
- IPNI, I. C. (2002). Separata Archivo Agronómico N°3. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamerica LACS*.

- Lind, D. A., Wathen, S. A., & Marchal, W. G. (2012). *Estadística aplicada a los Negocios y la Economía*. México: McGraw Hill.
- MADS, M., & MADR, M. (2022). *Plan de Acción para la Gestión Sostenible de la Biomasa Residual*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- MAV, S. (2021). *Plan de Gestión de Lodos de la EAAB*. Bogotá: EAAB.
- Melo Cerón, A. R., Rodríguez González, A., & González Guzmán, J. (2017). Manejo de biosólidos y su posible aplicación al suelo, caso Colombia y Uruguay. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental Volumen N°8*, 217-225.
- Modelo canvas*. (2024). Retrieved from Propuesta de Valor Osterwalder: <https://modelo-canvas.com/propuesta-de-valor-de-osterwalder/>
- MVCT. (2014). *Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia*. Retrieved from <https://www.minvivienda.gov.co/>
- Naciones Unidas. (2023). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Retrieved from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- PTAR Salitre. (2024). *ptarsalitre.com.co*. Retrieved from <https://ptarsalitre.com.co/>
- Romero Rojas, J. A. (2013). *Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y prácticas de diseño*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Roychand, R., Patel, S., Halder, P., Kundu, S., Hampton, J., Bergmann, D., . . . Pramanik, B. K. (2021). Recycling biosolids as cement composites in raw, pyrolyzed and ashed forms: A waste utilisation approach to support circular economy. *Journal of Building Engineering Elsevier*.
- Rubiano Lopez, C. (2019). *Aprovechamiento de biosólidos de la PTAR de Tunja, como alternativa de sustrato en la revegetalización de taludes*. Tunja: Facultad de Ingeniería, Escuela de Posgrados, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Sales Business School*. (2021). Retrieved from Las 5 fuerzas de Porter: cómo analizar las fuerzas competitivas de una empresa: <https://salesbusinessschool.es/>
- Tassinari, G., Boccaletti, S., & Soregaroli, C. (2023). Recycling sludge in agriculture? Assessing sustainability of nutrient recovery in Italy. *European Review of Agricultural Economics Vol 50*, 1633-1658.
- Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., & Burton, F. (2014). *Metcalf & Eddy | Aecom Wastewater Engineering*. New York: McGraw Hill.
- Torres Lozada, P., Madera Parra, C. A., & Martines Puentes, G. V. (2008). Estabilización alcalina de biosólidos copostados de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas para aprovechamiento Agrícola. *Revista Facultad Nacional Agrícola Medellín*, 4432-4444.
- Zendesk. (2024). Retrieved from Segmentación de clientes: cómo llegar efectivamente a nuestro público objetivo: <https://www.zendesk.com.mx>



# Seminario de Investigación **Especialización**

