

MONOGRAFÍA

SÍNTESIS BIOSÓLIDOS EN COLOMBIA: DEFINICIÓN, VENTAJAS, USOS Y
APLICACIONES EN LA INGENIERÍA A TRAVÉS DE UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA



Por:

Laura Camila Ávila Benito



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

VILLAVICENCIO

2020

MONOGRAFÍA

SÍNTESIS BIOSÓLIDOS EN COLOMBIA: DEFINICIÓN, VENTAJAS, USOS Y
APLICACIONES EN LA INGENIERÍA A TRAVÉS DE UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA



Por:

Laura Camila Ávila Benito

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional de ingeniero
civil

Aprobado por:

Ing. Mg. Mónica Yineth Lara Pérez Director

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO

2020

Autoridades académicas

P. José Gabriel MESA ANGULO, O. P.

Rector General

P. Eduardo GONZÁLEZ GIL, O. P.

Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O.P.

Rector Sede Villavicencio

P. Rodrigo GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Mg. JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. MANUEL EDUARDO HERRERA PABÓN.

Decano Facultad de Ingeniería Civil

La presente revisión bibliográfica la dedico principalmente a Dios por regalarme la oportunidad de superar este proceso, de igual manera a mi madre que me acompaña desde el cielo y ha estado en todo momento, por creer en mí a pesar de la distancia, del mismo modo a todas aquellas personas que me han colaborado en el proceso no solo de la carrera universitaria si no del proyecto en general, para toda mi familia, mis amigos, las personas que estimo y que quiero mucho quienes día a día nos llenan de conocimientos.

El desarrollo de este trabajo fue un proceso de experimentación personal y aprendizaje que determinó como la constancia hace un buen producto final, del mismo modo agradezco a mi director Gracias. También agradezco a mi planta de profesores, porque día a día, clase a clase y tema a tema pudieron inducir en mí una visión crítica sobre ingeniería civil. Gracias, y espero aprovechar todo lo que me dieron.

Contenido

	Pág.
Glosario	9
Resumen	11
Abstract.....	12
Introducción.....	13
Planteamiento del problema	14
Descripción del problema	14
Objetivos.....	15
Objetivo general	15
Objetivo específico.....	15
Justificación.....	16
Metodología.....	17
Marco Referencia	19
Marco Normativo	19
Estado del arte	19
Biosólidos.....	24
Usos de los solidos	27
Aprovechamiento de Biosólidos como materia prima en la industria de la construcción	31
Manejo de Biosólidos y su posible aplicación al suelo, caso Colombia y Uruguay.	32
Biosólidos generados en la depuración de aguas	34
Costos y disposición de Biosólidos.....	37
Evaluación ambiental y disposición de Biosólidos	37
Evaluación económica	39
Resultados e impactos	41
Impactos	42
Conclusiones.....	43
Recomendaciones	44
Referencias bibliográficas	45
Anexos.....	49

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Metodología	17
Tabla 2. Estado del arte.....	19
Tabla 3. Contaminantes de los biosólidos.....	25
Tabla 4. Normativa de los biosólidos.	32
Tabla 5. Métodos de vertimiento.	36
Tabla 6. Resultados.	41

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Usos de los Biosólidos.....	27
Figura 2. Biosólidos como adiciones en la elaboración de ladrillos cerámicos.....	30
Figura 3. Obtención de Biosólidos.....	35
Figura 4. Importancia del uso adecuado	35
Figura 5. Evaluación Ambiental de disposición de Biosólidos. Por.....	38
Figura 6. Evaluación Ambiental de disposición de Biosólidos	38
Figura 7. Evaluación Económica de disposición de Biosólidos.	40
Figura 8. Evaluación Económica de Aplicación de Biosólidos en ladrillos 100% arcilla.....	40
Figura 9. Evaluación Económica de Aplicación de Biosólidos en ladrillos 10% Lodos.....	41

Anexos

Pág.

Anexo A. Matriz de riesgos impactos ambientales	49
--	-----------

Glosario

Biosólidos

Es el aquello que resulta de un proceso de estabilización entre una relación de materia orgánica que se evidencia en los lodos y que principalmente se observa en el tratamiento de aguas residuales, estos poseen diferentes características como físicas, químicas y microbiológicas, así mismo no se tiene como Biosólidos los residuos que son retirados de ciertos equipos en fases iniciales o preliminares del tratamiento.

Acondicionador de suelo

Es toda aquella sustancia que tiene como objetivo el mejoramiento de al menos alguna característica, bien sea biológica, química o física del suelo.

Atracción de vectores

Es una de las características que poseen los Biosólidos y lodos en general para atraer diferentes vectores como lo son los roedores, mosquitos, moscas o diferentes organismos capaces de transportar algún tipo de agente que posea alguna infección.

Distribución de Biosólidos

Es una persona que se encarga de comercializar los Biosólidos de manera legal, adecuada y con responsabilidad, esta puede ser jurídica o natural. Siempre y cuando cumpla con los requisitos propuestos por la normatividad colombiana.

Mezcla para Biosólidos

Son todos aquellos materiales que dentro de sus propiedades poseen maneras para mejorar el rendimiento o las características de un Biosólidos, estos pueden provenir de diferentes procesos como la lombricultura, el compostaje o la humificación.

Estabilización de lodos

Es un proceso que contiene diferentes tratamientos cuyo fin es controlar la degradación biológica, la atracción de vectores en los lodos que se generan principalmente en las plantas de tratamiento de modo que se acondicionen para algún uso determinado o la disposición final del material.

Productor de Biosólidos

Es toda aquella persona que presta el servicio de alcantarillado dentro del marco de tratamiento de aguas residuales, este realiza procesos para la estabilización de los lodos que son generados en dichos lugares.

Usuario de Biosólidos

En una persona sin maneja los Biosólidos puede depender del productor o del distribuidor, este puede ser natural o jurídico siempre y cuando cumpla con la normativa colombiana para el manejo del mismo.

Resumen

La monografía a continuación pretende dar una visión extensa, aunque no exhausta sobre los biosólidos y su gestión en el uso y las aplicaciones en la ingeniería civil y en general. Adicional de la determinación de los conceptos básicos, las metodologías empleadas en la generación y normatividad aplicable a los residuos, junto con la aplicación en diferentes campos relacionando la viabilidad económica y ambiental desarrollando recomendaciones técnicas para el adecuado y aplicación a través y función de la norma base, El decreto 1287 de 2014 evidenciando los conceptos básicos, las condiciones y parámetros básicos aceptados para el manejo y aprovechamiento, se concluye la importancia de generar mecanismos investigativos y aplicativos para una mejor adaptación de los biosólidos a un campo en específico, reduciendo los impactos ambientales que se puedan generar debido al mismo, teniendo en cuenta los altos costos que tiene el tratamiento de este pero resaltando las propiedades para uso del suelo, generación de energía, depuración de agua y sistemas de aditivos en elementos de construcción no estructurales como los ladrillos y perfiles.

Palabras clave: Biosólidos, Aprovechamiento, Normatividad, Impacto Ambiental.

Abstract

The monograph below is intended to give an extensive view, although not exhaustive, on biosolids and their management in use and applications in civil engineering and in general. In addition to the determination of the basic concepts, the methodologies used in the generation and regulations applicable to waste, together with the application in different fields relating the economic and environmental viability, developing technical recommendations for the adequate and application through and function of the standard. basis Decree 1287 of 2014 evidencing the basic concepts, conditions and basic parameters accepted for management and use, concludes the importance of generating investigative and application mechanisms for a better adaptation of biosolids to a specific field, reducing the environmental impact that this generates, taking into account the high costs of its treatment but highlighting the properties for land use, power generation, water purification and additive systems in non-structural building elements such as bricks and profiles.

Keywords: Biosolids, Regulations, Environmental Impact.

Introducción

El siguiente documento tiene como finalidad realizar una síntesis sobre los Biosólidos en Colombia, haciendo un recuento sobre su definición, las ventajas, los usos y las diferentes aplicaciones en la ingeniería a través de una revisión bibliográfica, de modo que permita recopilar cierta información. Teniendo en cuenta, la poca información sobre el tema, y recalcando la importancia de este tipo de documentos para el desarrollo de próximos proyectos e investigaciones.

Los Biosólidos es un material que se emplea en la ingeniería principalmente en las plantas de tratamiento de aguas residuales, (Presidencia de la República, Decreto 1287, 2014) no obstante es poca la información que se conoce en otros usos y aplicaciones para Colombia como los son en suelos, en fabricación de ladrillos recuperación energética y aprovechamiento en general del material.

Por consiguiente, se plantea sintetizar dicha información de modo que permita disminuir la limitación en algunas investigaciones por ausencia de esta, por falta de organización, (Alba, 2011) haciendo necesario este tipo de documentos para revisión de algunos aspectos técnicos, investigación y conocimiento general del concepto.

Planteamiento del problema

Descripción del problema

La ausencia de información en cualquier tipo de investigación se vuelve un limitante a la hora de realizar algún diseño, mejoramiento o estudio en general, esto podría considerar que la investigación puede restar valor por dicha razón, sin embargo, comentar estas limitaciones dan valor al proceso desarrollado (Martínez, y otros, 2019), Dentro de las principales limitaciones metodológicas se pueden encontrar la falta de datos, información confiable o incluso disponible, los estudios previos frente a un tema, el estado del arte o la capacidad y oportunidad de realizar una revisión bibliográfica para así definir un correcto alcance de la investigación. Adicional es importante definir el tamaño de la muestra a analizar en pro a como ya se comentó anteriormente, exista un alcance alcanzable, valga la redundancia.

Por otra parte, esta información también sufre de otras limitantes como lo es el acceso a documentos a información que dependen y son propiedad de algún tipo de organización, además el tiempo en ocasiones se vuelve un problema. Finalmente, pero no menos importante está el sesgo en datos ya que muchas veces esta no es verificada o de alguna manera se encuentra imprecisa (Alba, 2011). El tema a tratar en este proyecto no es la excepción, los Biosólidos, actualmente material empleado en la ingeniería, es principalmente usado en plantas de tratamiento, sin embargo, poca es la información en cuanto a sus otros usos y aplicaciones en Colombia.

La importancia de sintetizar la información en un marco donde los artículos e investigaciones crecen de manera continua, es importante facilitar el acceso y organización en la información (Díaz & Bruguera, 2008) de modo que se hace necesaria la síntesis para revisión de materiales, aspectos técnicos, investigación para futuros proyectos. Claramente no solo la ausencia en información general si no en la poca aplicación de los Biosólidos en otros campos o materiales (González Guzman, Rodríguez González, & Melo Cerón , 2013) quienes hablan de posibles usos y aplicaciones en un contexto de poca información existente y del mismo modo un poco aprovechamiento del material reiterando la importancia de este documento.

Por lo anterior expuesto, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la importancia de realizar una síntesis de los Biosólidos en Colombia en cuanto a su concepto, ventajas, usos y aplicaciones a partir de una revisión bibliográfica?

Objetivos

Objetivo general

Realizar una síntesis sobre los Biosólidos en Colombia: definición, ventajas, usos y aplicaciones en la ingeniería a partir de una revisión de fuentes secundarias.

Objetivo específico

- Determinar los conceptos técnicos, metodologías de generación y normativas relacionadas con la obtención de Biosólidos
- Identificar los diferentes usos y aplicaciones de los Biosólidos en la ingeniería colombiana.
- Relacionar la viabilidad económica y ambiental del uso y aplicación de biosólidos en la ingeniería
- Desarrollar recomendaciones técnicas para la adecuada generación, manejo y aplicación de biosólidos en áreas afines a la ingeniería civil.

Justificación

Esta investigación tiene como fin el sintetizar en su mayor parte lo referente con los Biosólidos en Colombia, identificando la importancia del análisis y la recolección de información sobre este tema, pues permitirá tener una mayor visión e información sobre dicho tema en próximas investigaciones, usos y aplicaciones. A partir de una concreta revisión bibliográfica de este tipo de documentos como mecanismos de comunicación científica permiten discutir, sintetizar, analizar y divulgar información existente (Díaz & Bruguera , 2008).

La importancia de estos estudios es a través de otros artículos y documentos para llegar a una conclusión tal como se espera y se plantea para este proyecto. El fin radica en una actualización de conocimientos sobre los Biosólidos en Colombia permitiendo un análisis más detallado, que resumen de la evidencia disponible del tema. De modo que permita generar soluciones a preguntas específicas que siempre buscan un beneficio para la academia y sociedad en general.

La articulación de este proyecto colabora con futuras consultas, con la actualización y recopilación de información, determinando los usos y aplicaciones se abre un amplio estudio en las líneas de investigación en el ámbito de la ingeniería. Este es un material que se puede aprovechar de diferentes maneras en cuanto al uso y la aplicación siempre y cuando conozcamos el comportamiento, y las propiedades físicas y químicas de los Biosólidos (Urrego, Ruiz, Jaramillo, & Agudelo , 2013) ya que a partir de este de la mano de la normativa que rige al material (González Guzmán, Rodríguez González , & Melo Cerón , 2013) de acuerdo a la normativa se hace posible una verificación en un determinado uso o aplicación. Identificando un mayor desarrollo para la región no solo en investigación si no en posibles materiales que pueden ser obtenidos para el uso y aplicación de Biosólidos en la ingeniería civil.

Metodología

La metodología para este proyecto es de carácter cualitativa ya que esta se refiere principalmente al uso de datos descriptivos (Castaño, 2002) que para el caso es referente a los Biosólidos en Colombia y esta se compone de:

- Recolección de información: revisión Bibliográfica sobre el tema
- Organización y caracterización de la información: definir conceptos técnicos y normatividad vigente en el tema
- Viabilidad: económica y ambiental del uso en cuando a los usos y aplicaciones en la ingeniería
- Conclusiones y recomendaciones: desarrollar recomendación en relación al buen manejo, uso y aplicación de los Biosólidos en la ingeniería civil

La metodología principalmente se caracteriza por ser una revisión bibliográfica principalmente en artículos científicos pretendiendo cumplir con el objetivo del proyecto.

Tabla 1. Metodología

Objetivo	Actividad	Descripción
Determinar los conceptos técnicos, metodologías de generación y normativas relacionadas con la obtención de Biosólidos.	Se recolecto y organizo la información de los conceptos técnicos y la normativa	Se recolectó la información a través de revisión bibliográfica para identificar el concepto de Biosólidos. Referencia: Artículos de revistas científicas y decreto 1287 de 2014
Identificar los diferentes usos y aplicaciones de los Biosólidos en la ingeniería colombiana.	Se recolecto y organizo además de realizar un análisis de la información, las aplicaciones y los usos en la ingeniería civil	Se recolecto la información a través de revisión bibliográfica para determinar las aplicaciones Referencias empleadas: uso de suelo, tratamiento de aguas residuales, elaboración de ladrillos cerámicos, depuración de aguas, recuperación de nutrientes.
Relacionar la viabilidad económica y ambiental del uso y aplicación de biosólidos en la ingeniería	Se recolecto y organizo además de realizar un análisis y comparación de la información obtenida.	Se recolecto la información a través de revisión bibliográfica y se realizó un análisis comparativo de la viabilidad económica y ambiental de uso de los Biosólidos en la ingeniería Referencia: Biosólidos una solución o ¿un problema? Manejo y disposición de Biosólidos.

Tabla 1. Continuación

Objetivo	Actividad	Descripción
Desarrollar recomendaciones técnicas para la adecuada generación, manejo y aplicación de biosólidos en áreas afines a la ingeniería civil	Se analizó y se realizó la síntesis a través de la información recolectada con el fin de desarrollar recomendaciones	A partir de las fuentes secundarias se impartieron recomendaciones técnicas, que cumplen con la normativa en cuanto al manejo y aplicación en diferentes áreas de la ingeniería civil.

Nota: Procedimiento para el cumplimiento de la monografía. Por Ávila L, 2020

Marco Referencia

Marco Normativo

El decreto 1287 de 2014 en el cual se establecen los criterios para el uso de los Biosólidos que principalmente se usan en las plantas de tratamiento de aguas residuales definen la importancia de que estos Biosólidos poseen características, físicas, químicas, entre otras. Por tanto, deben ser caracterizados de modo que permite la evaluación para determinar los posibles usos y las disposiciones finales de esta materia (Presidencia de la República, 2014).

Adicional este decreto pretende dar a conocer a los interesados, diferentes estrategias, maneras y acciones que protejan el medio ambiente y de la salud pública, frente a cualquier tipo de riesgo que puedan surgir por el uso inadecuado de este material en cuanto a nivel nacional y local. Dicho decreto contempla el ámbito de aplicación, algunas definiciones puntuales, la caracterización de este material, los diferentes valores máximos permitidos para la categorización de los Biosólidos el método de almacenamiento, mezcla disposición final de estos además de ciertas obligaciones que deben cumplir los productores, los usos en el sector agrícola y finalmente algunos ensayos que se le deben hacer al material.

Estado del arte

Tabla 2. Estado del arte.

Año	Titulo	Tipo de Publicación	Aplicación
2007	Los biosólidos: ¿una solución o un problema? Autor: Juan Alberto Vélez Zuluaga	Artículo de revista	Este Artículo trata la aplicación en aguas residuales como comúnmente y a lo largo del documento se ha presenciado estos generan lodos y grandes volúmenes de estos con magnitudes altamente putrescibles. (Zuluaga, 2007) Este artículo propone mejoras en su utilización, restricciones y cuidados que dependen de la cantidad de metales y contaminantes que están posean, dado el riesgo para la mejora ambiental y la vida humana, donde se impone una activa inspección en los procesos de disposición y utilización. La metodología empleada define los Biosólidos y así mismo comenta sus desventajas enunciando los contaminantes, los clasifica, identifica su método de eliminación, junto con la producción, compara las experiencias en américa latina (Zuluaga, 2007)

Tabla 2. Continuación

Año	Título	Tipo de Publicación	Aplicación
2012	Utilización de biosólidos para la recuperación energética en México Autores: Rebeca Rojas Remis, Leopoldo G. Mendoza Espinosa.	Artículo de revista	El aumento de la población hace indispensable que se incremente la necesidad de satisfacer las necesidades básicas, valga la redundancia. A mayor población mayor producción de lodos en las plantas de tratamiento, incrementando la contaminación, de modo que el artículo pretende realizar un análisis a escala mundial sobre la manera de como la utilización de Biosólidos son posibles para la producción de energía (Rojas Remis & Mendoza Espinoza, 2012). Este documento habla de la disposición y manejo de estos residuos el impacto y lo necesario que se vuelve realizar algún tipo de mecanismo para la mejora de este proceso. Plantea un sistema de este mismo generar energía eléctrica desde la factibilidad económica y aprovechamiento de los lodos, desde la percepción social, los aspectos legales y prevención de generación de lodos.
2013	Caracterización de Biosólidos generados en la planta de tratamiento de agua residual San Fernando, Itagüí (Antioquia, Colombia) Autores: Katherine Bedoya-Urrego, José M. Acevedo-Ruíz, Carlos A. Peláez Jaramillo y Sonia del Pilar Agudelo-López	Artículo de revista	Este artículo presenta la caracterización, físico- química de los Biosólidos que se generan en la planta San Fernando. La importancia de la caracterización de un material es fundamental para el uso de este y saber el comportamiento en diferentes usos (Urrego , Ruiz, Jaramillo , & Agudelo , 2013) Para este caso la metodología empleada define la obtención y análisis de muestras en función a la norma técnica colombiana. Concluyen y demuestran esta vez que los implementos de estos Biosólidos también sirven como abono orgánico y usos en el suelo (Urrego , Ruiz, Jaramillo , & Agudelo , 2013)

Tabla 2. Continuación

Año	Título	Tipo de Publicación	Aplicación
2013	Caracterización de Biosólidos generados en la planta de tratamiento de agua residual San Fernando, Itagüí (Antioquia, Colombia) Autores: Katherine Bedoya-Urrego, José M. Acevedo-Ruíz, Carlos A. PeláezJaramillo y Sonia del Pilar Agudelo-López	Artículo de revista	Este artículo presenta la caracterización, físico- química de los Biosólidos que se generan en la planta San Fernando. La importancia de la caracterización de un material es fundamental para el uso de este y saber el comportamiento en diferentes usos (Urrego , Ruiz, Jaramillo , & Agudelo , 2013) Para este caso la metodología empleada define la obtención y análisis de muestras en función a la norma técnica colombiana. Concluyen y demuestran esta vez que los implementos de estos Biosólidos también sirven como abono orgánico y usos en el suelo (Urrego , Ruiz, Jaramillo , & Agudelo , 2013)
2014	Biosólidos generados en la depuración de aguas (i): planteamiento del problema Autores: Manuel Mahamud López, Antonio Gutiérrez Lavín y Herminio Sastre Andrés	Artículo de revista	El articulo pretende dar una visión sobre la gestión de Biosólidos de es procesos de aguas residuales. Este compara los procesos a como se realizan en Europa y Estados unidos determinando condiciones de uso que afectarían o no a su disposición del mismo modo concluyen a la correcta gestión de Biosólidos de las etapas de díselos de depuración de aguas. (López Mahamud, Gutierrez Lavín , & Sastre Andrés , 2006) La metodología empleada por los autores define la importancia en la salud pública, la opinión de la misma, aspectos legales claramente, junto con el análisis y comparación de los aspectos económicos y medio ambientales. Además de la producción de los Biosólidos, la disposición de los mismos y la utilización de los mismos en diferentes fines (López Mahamud, Gutierrez Lavín , & Sastre Andrés , 2006)
2016	Alternativas para el Manejo y Disposición de Biosólidos de la PTAR Salitre	Documento Oficial	Para este documento que se encuentra mucho más detallado dispone como se encuentra la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) adicionalmente

Tabla 2. Continuación

Año	Título	Tipo de Publicación	Aplicación
	Autor Corporativo: CAR, Hazen and Sawyer ingenieros ambientales y científicos, Nippon Koei Challenging mind, Changing Dynamics		determinan todo desde un punto normativo, caracterizan los Biosólidos y proyectan el uso de estos. (CAR , Hazen and Sawyer ingenieros ambientales y científicos, Nippon Koei Challenging mind, Changing Dynamics, 2018) Así mismo determinan alternativas de manejo, aprovechamiento y disposición de lodos, desde un concepto y punto tecnológicas. El documento es bastante completo ya que cada alternativa le realizan los procedimientos para encontrar resultados, muestran inventarios y construcción de obras.
2017	Manejo de Biosólidos y su posible aplicación al suelo, caso Colombia y Uruguay. Autores: Alexander Rodrigo Melo Cerón, Alejandra Rodríguez González & Juan Manuel González Guzmán	Artículo de revista	En el artículo se presenta un análisis la aplicación de Biosólidos en suelos de varios países como Colombia y Uruguay con el simple hecho de una revisión bibliográfica (González Guzman, Rodríguez González , & Melo Cerón , 2013). El fin de la investigación es fomentar alternativas para la estabilización de los lodos residuales obteniendo Biosólidos. Estos son en función a normativa de cada país, buscando la aplicación para la mejora y reparo de suelos sin presentar algún tipo de riesgo para los ecosistemas y el ser humano. La metodología empleada define el material y lo contextualiza con el manejo en Colombia relacionándolo con el caso en Uruguay (González Guzman, Rodríguez González , & Melo Cerón , 2013). Con dicha información relacionan una posible aplicación del uso a suelos a través de revisión bibliográfica que permite dar unas conclusiones y recomendaciones frente al tema.
2017	Biosólidos de tratamiento de aguas residuales domésticas, como adiciones en la elaboración de ladrillos cerámicos.	Artículo de revista	En los últimos años el análisis de los biosólidos y de la implementación en diferentes materiales para la construcción no estructural. Como lo es el caso de este artículo en la elaboración de elementos cerámicos

Tabla 2. Continuación

Año	Título	Tipo de Publicación	Aplicación
	Autores: Natalia Fuentes Molina, Samir Alfonso Isenia León , José Gregorio Ascencio Mendoza		(Fuentes Molina, Isenia León , & Acencio Mendoza, 2017). Los autores Plantean evaluar el comportamiento físico mecánico de estas mezclas y el uso experimental de construcción no estructural. La metodología empleada es la caracterización de los materiales empleados y sometidos a diferentes pruebas físico químicas, con resultados permitidos por la norma técnica colombiana. Concluyendo el efectivo uso de los ladrillos, dando viabilidad técnica en los estándares de calidad por la normativa colombiana. (Fuentes Molina, Isenia León , & Acencio Mendoza, 2017)
2018	Aprovechamiento de los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales como materia prima en la industria de la construcción: revisión bibliográfica Autores: Luis Araujo, Sandra Molina, Leidi Noguera.	Documento de sitio web	Dicho Documento Presenta a través de una revisión bibliográfica el aprovechamiento en una aplicación de los Biosólidos (Luis Araujo, 2018) El documento busca una disposición adecuada de los lodos que provienen de las plantas de tratamiento de aguas residuales, donde gracias a la caracterización se logra hacer una mejor disposición y el uso de los biosólidos en diferentes campos de la construcción (Luis Araujo, 2018) Además, determinan los logros y alcances logrados en materia de aprovechar de una correcta manera el uso y empleo de este material como materia prima para la fabricación de ladrillos. La metodología se fundamenta en un análisis detallado de los antecedentes y estado del arte para el amplio campo de la utilización de este material, apuntándole a diferentes alternativas de uso para proteger el medio ambiente y sus usos en mezclas con Arcilla.

Nota: Bibliografía para el cumplimiento de los objetivos. Por Ávila L, 2020

Biosólidos

Se establecen los Biosólidos como un producto resultante de una estabilización orgánica demostrada en una fracción de los lodos que se generan principalmente en las plantas de tratamiento de aguas residuales, que poseen características microbiológicas, físicas y químicas las cuales son las que permiten su uso. Estás no deben confundirse con el material producto de la oxidación térmica de los lodos que se obtienen en las fases preliminares del tratamiento, limpieza de maquinaria o dragados.

Una eficiente síntesis inicia desde el momento donde se inicia a la recolección de información, esta debe ser verídica, concisa, concreta. Sin embargo, la ausencia de esta limita el análisis y reorganización de dicho tema (Martínez et al, 2019) es por esto que se hace importante este tipo de documentos, en un contexto académico que es continuo y cada vez más grande (Díaz & Bruguera, 2008) esto por la importancia de una síntesis en cualquier contexto y tema. En cuanto a los Biosólidos los principales usos se dan en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, pero su limitado estudio ha determinado diferentes usos en diferentes tipos de suelo, conociendo sus características y a partir de una simple revisión bibliográfica (González et al, 2013), así mismo la identificación de alternativas para la estabilización de lodos. A eso se le adiciona la importancia de realmente conocer los Biosólidos en cuanto a sus propiedades físicas y químicas.

La importancia de tener en cuenta la normatividad es un importante caso para proyectar el uso y aplicación de las plantas de tratamiento y específicamente de los Biosólidos (CAR et al, 2018) estas aplicaciones pueden darse a partir y como se ha recalcado en el documento a través de la revisión bibliográfica, tal como, (Araujo, 2018) quien argumenta como una disposición adecuada de los lodos se da mejor a partir de la caracterización y de realmente conocer el material determinando como puede reaccionar ante otros elementos y en ese orden de idea, en materiales de construcción. Donde Molina et al (2017) inician un análisis del comportamiento del uso de los Biosólidos en materiales no estructurales como ladrillos siempre limitándose con las directrices impuestas por el gobierno.

Es común que la gran mayoría de las actividades sin importar que sean domesticas o industriales produzcan residuos que independientemente la legislación estos se pueden categorizar como tóxicos y peligrosos o no serlo. (Zuluaga, 2007) Dentro de los cuales para dicho

tratamiento de residuos no tóxicos se encuentran los de vertido controlado, la incineración y el compostaje y los peligrosos se contemplan los vertidos al mar, o depositarlo en zonas degradadas. Los Biosólidos o lodos estabilizados como son nombrados también, se consideran residuos no tóxicos, ya que no poseen contaminantes que obliguen su tratamiento.

Contaminantes de los biosólidos. Los contaminantes de los Biosólidos se conforman por cuatro grupos contaminantes:

Tabla 3. Contaminantes de los biosólidos.

CONTAMINANTE	DESCRIPCIÓN
Metales	Se compone de Cromo (Cr), mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd) cobre (Cu) zinc (Zn) y níquel (Ni) estos se encuentran en proporciones bajas, aunque están presentes. Las concentraciones mayores se obtienen de aguas residuales industriales.
Materia Orgánica	El riesgo a volverse peligroso radica en la eutrofización que pueden tener las aguas superficiales y subterráneas estos podrían considerarse como fertilizantes importantes tal como sucede con la materia orgánica.
Contaminante Orgánico	Tienden a acumularse en los lodos, plaguicidas, colorantes, los cuales son motivos de preocupación por el impacto ambiental que estos generan y a su vez con la salud humana, aunque la OMS afirma que no es un riesgo potencial para la salud humana, las investigaciones aun no dan un panorama claro frente al tema.
Agentes Patógenos	Los patógenos encontrados son los virus, protozoos, cestodos y los nematodos, desechos hospitalarios y funerarios pueden elevar su contenido. Para que el vertido sea seguro es importante y se recalca la eliminación, eficaz de dichos contaminantes independientemente del proceso que tenga.

Nota: Descripción de los tipos de contaminantes. Por Ávila L, 2020 a partir de Zuluaga (2007)

Clasificación de los biosólidos. Así los Biosólidos se clasifican en Biosólidos tipo A o Biosólidos tipo B

- **Biosólidos tipo A:** también llamados de calidad excepcional, y presentan densidades de coliformes fecales menores a 1000 NMP/ gramo de sólidos totales, densidad de salmonella sp. menor a 3 NMP /4 gramos de sólidos totales (Zuluaga, 2007). Los Biosólidos con estos valores, no tiene restricciones para la aplicación en la zona agrícola

y no requiere de permisos que garanticen que se ha hecho un correcto uso en disposición (Zuluaga, 2007).

- **Biosólidos tipo B:** este tipo de Biosólidos por su parte Presenta una densidad de coliformes fecales menores a 2×10^6 NMP / gramo de sólidos totales, lo cual indica que este si requiere de tratamiento y tendrá ciertas restricciones para su uso (Zuluaga, 2007).

Producción de Biosólidos. Los reportes de producción de Biosólidos están presentes desde mediados de 1920, donde existían opciones comerciales de transformación de Biosólidos en productos de implementación agrícola. Los Biosólidos eran obtenidos de tratamiento de aguas residuales. Los usos se dan principalmente en actividades que tienen que ver con lo agrícola, y esta producción es cada vez común en las plantas de tratamientos de aguas residuales (Molina et al, 2017).

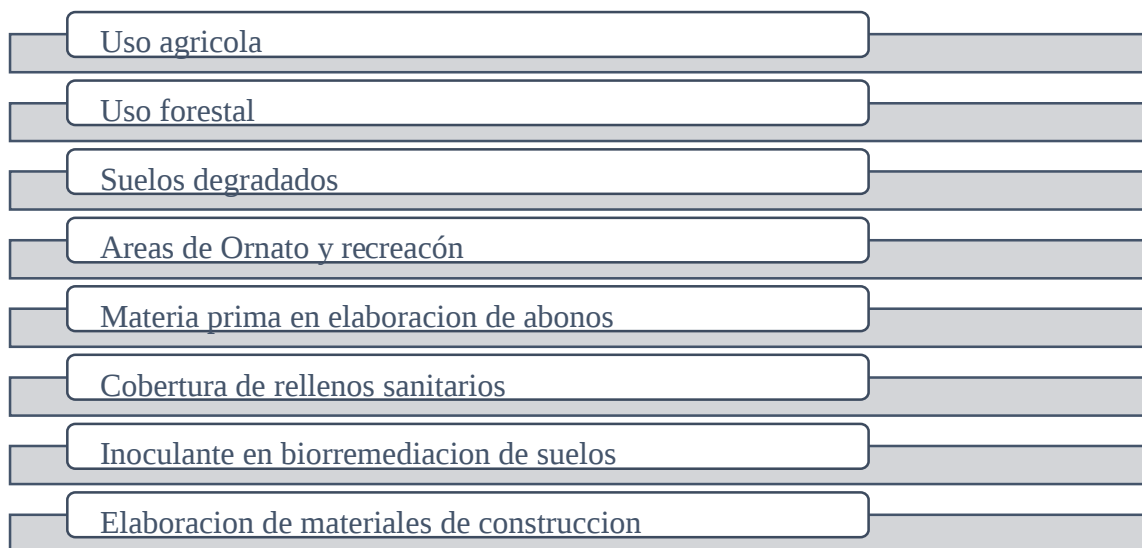
Según datos de la unión europea (2015) las disposiciones finales de los Biosólidos se concentran principalmente a transporte de vertederos, seguido del esparcimiento o uso en tierras de cultivo o como fertilizantes agrícolas, incineración, en menor proporción el vertido al mar y finalmente con valores similares con otras disposiciones.

Dinámica en los procesos. La dinámica que se presenta entre los procesos de producción, disposición o eliminación es compleja y bastante amplia, un tema de varias investigaciones, identificando cual es la mejor disposición en relación a lo económico, la responsabilidad social y el impacto ambiental. Junto con los avances tecnológicos, determinando usos más eficientes si se realizaran de manera responsable (Zuluaga 2007). La biodegradación aporta al reciclaje de agua, los suelos en cuanto a nutrientes.

Teniendo en cuenta que los Biosólidos actualmente están sometidos a diferentes procedimientos para disponer un mejor uso de los mismos, entre más avanzan las investigaciones también es mayor el control con las empresas que generan Biosólidos en Colombia, sin embargo, es poca la sanción frente a la reglamentación de los usos de los Biosólidos en Colombia quien según el ministerio de vivienda ciudad y territorio (Territorio, 2014) las concentración de metales y los usos oficiales en el suelo de los Biosólidos.

Usos de los solidos

Figura 1. Usos de los Biosólidos



Nota. por Ávila L, 2020 a partir Molina et al (2017) y Zuluaga (2007)

Eliminación de Biosólidos. Dentro de los procesos de eliminación de Biosólidos se encuentran la incineración, el vertido controlado y como ya se comentó anteriormente el vertido al mar, el más usado por cuestiones de viabilidad financiera es el de incineración, sin embargo, este tiene altos costos en el transporte, además que no tiene impactos negativos con el medio ambiente.

Dicho método es cuestionado ya que se argumenta que con dicho proceso no se eliminan todas las sustancias y que a su vez estas pueden volverse tóxicas, sin embargo, según la normatividad es una de las más usada y aceptada según Zuluaga (2007) afirma esto como un tema controversial entre investigaciones respecto a la normatividad y aceptación.

El vertido al mar es uno de los tratamientos de eliminación adoptados en los últimos años, cuestionada también por su aparente práctica ambiental ineficiente sin embargo podría ser más útil que la incineración (Zuluaga, 2007).

Usos y aplicaciones de los Biosólidos.

Uso De Biosólidos Para Recuperación Energética. El incremento de la población hace necesario que aumente la demanda en recursos como lo es el agua potable, dando origen a diferentes PTAR y con ello, la producción de Biosólidos, de este modo se pretende producir energía eléctrica a través de sistemas de digestión anaeróbica, (Rojas et al, 2012). La disposición final de lodos implica retos económicos y de ingeniería, de modo que se disminuya el impacto generado por los Biosólidos.

El artículo plantea una recuperación energética a través de la digestión anaeróbica la cual se determina cuando se presenta ausencia de oxígeno y este produce un gas compuesto de dióxido de carbono, nitrógeno, y metano el cual en ocasiones y principalmente es usado como combustible en elementos que sean de energía eléctrica, adicional que los volúmenes de lodos disminuirían, a pesar de la complejidad que implica la inversión inicial, mantenimiento, costos y operación de modo que se logre una optimización del Biosólidos.

Los digestores pueden categorizarse en primera, segunda, o tercera generación, estos varían según sus características (Rojas Remis & Mendoza Espinoza, 2012). Dicho proceso consiste en la degradación de los lodos residuales y así generar un biogás que se ve afectado de acuerdo a las condiciones iniciales a las que se presenta, para esto es necesario limpiar el biogás reduciendo la mayor cantidad de impurezas.

El sistema de digestión anaeróbica puede ser de una o dos etapas donde es más común el segundo por el tiempo en sus fases (Rojas Remis & Mendoza Espinoza, 2012). Justo cuando el biogás es generado se inyecta a moto generadores, en turbinas logrando que este incremente la eficiencia entre la integración de calor y electricidad.

De acuerdo a lo anterior, uno de los principales problemas es el término económico, de modo que a pesar de todos los avances es necesario optimizar y mejorar dicho tratamiento (Rojas Remis & Mendoza Espinoza, 2012). De este modo la implementación de un digestor anaeróbico si permite aprovechar los Biosólidos sin tener en cuenta los aspectos económicos. Sin embargo, es necesario desarrollar procesos investigativos interdisciplinarios ya que este aprovechamiento solo se observa desde la digestión anaeróbica, junto con prácticas de manejo y aprovechamiento de Biosólidos.

Biosólidos como adiciones en la elaboración de ladrillos cerámicos. El manejo y disposición de los Biosólidos es un tema complejo debido a la composición química de los mismos, a los impactos ambientales y riesgos en la salud, razón por la cual la importancia en realizar estudios, para un mayor aprovechamiento.

En Colombia se producen en promedio cerca de 274 T/día de Biosólidos (Fuentes et al, 2017) a pesar de las investigaciones precisas en aprovechamiento en suelos y creación de carbón activado. Es por esto que la utilización de Biosólidos como material de construcción resulta una alternativa para resolver problemas relacionados con el manejo y disposición en las PTAR. Mediante la mineralización de los Biosólidos en matrices cerámicas a través de la incineración, mejorando y manteniendo los indicadores de resistencia mecánica, porosidad, contracción, entre otras de acuerdo a Fuentes et al, (2017)

Los resultados obtenidos en cuanto a límites demuestran un similar comportamiento a nivel de granulometría y límites en comparación de ladrillos de solo arcilla, de ladrillos con Biosólidos calcinados y Biosólidos secos, así como la humedad, materia orgánica, densidad. Adicional a lo anterior se observa un aumento en la compresión de los ladrillos que tienen adición de Biosólidos (10%) respecto al de solo arcilla y disminución a superiores de 15% de Biosólidos. Del mismo modo el tratamiento aplicado al Biosólidos no generó alteración en el mejoramiento de las pruebas (Fuentes et al, 2017). Los resultados de absorción de agua indican que los ladrillos con adiciones de agua aumentan la absorción de agua y la porosidad, teniendo como resultado un ladrillo menos compacto y de menor densidad, aunque similar al ladrillo patrón de solo arcilla. Este análisis permite identificar y verificar que el uso de Biosólidos no interfiere en la composición del material, resultados de mayor resistencia a la compresión (Fuentes et al, 2017).

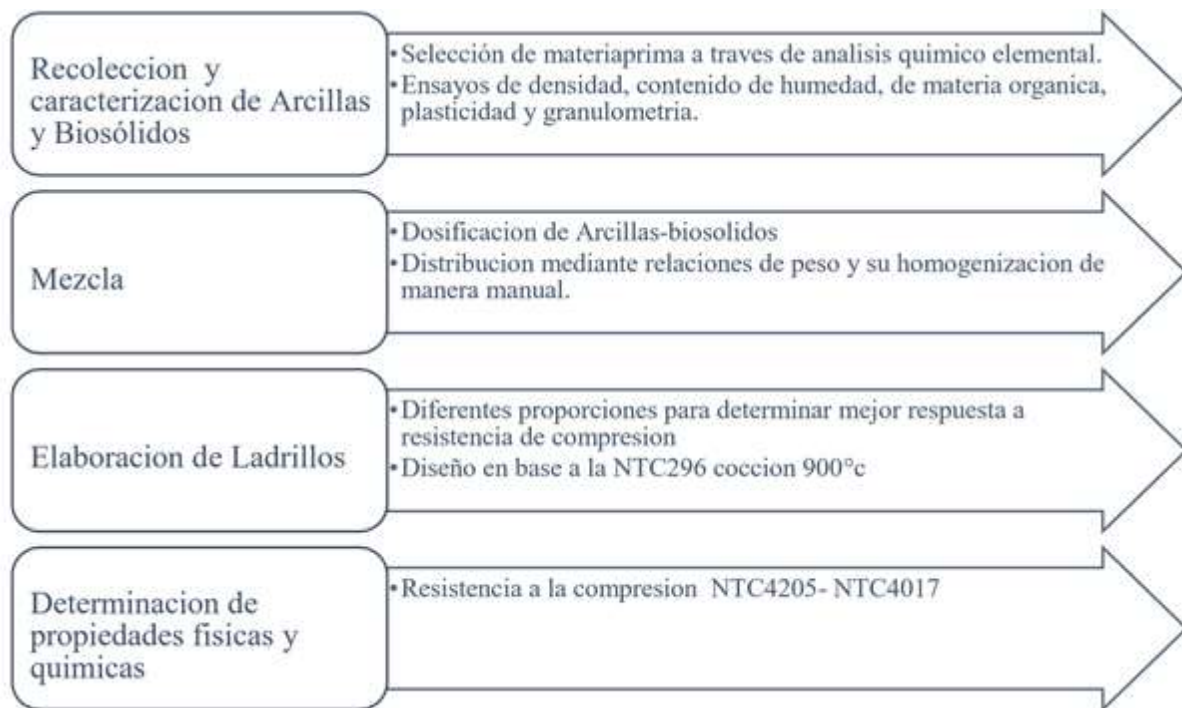
Adicional Mozo et al (2015) agregó ciertas cantidades de Biosólidos como parte para una pasta cerámica en la fabricación de ladrillos. El proceso consistió inicialmente en la clasificación y caracterización de materias primas en cuanto a su composición física, química, mineralógica resistencia térmica entre otras.

Los ladrillos se fabricaron de acuerdo a las dimensiones y normatividad especificada en la Norma Técnica Colombiana (NTC) 296 y con una inclusión de hasta el 15% de Biosólidos seco (Mozo et al, 2015), sin embargo, para su evaluación se tuvo en cuenta la NTC 4017, esta para evaluar su resistencia a la compresión tal como lo exige la norma, siendo un proyecto que su vez tenía componentes ambientales ya que evaluaba los metales presentes en los Biosólidos

mediante la prueba Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) para los diferentes ladrillos.

Los resultados obtenidos tienen un efecto positivo en los ladrillos, de acuerdo a Mozo et al (2015) puesto que su resistencia a la compresión aumento y disminuyo la plasticidad se redujo la contracción en el secado y así mismo aumento la porosidad en cada uno de los diferentes elementos cerámicos. Normativamente los elementos con adición de Biosólidos seco cumple con la norma NTC 4205 como mampostería no estructural que únicamente resistan cargas destinadas a su propio peso y con un 10% de contenido. Además, en la prueba TCLP se concluyó y determino que los metales obtenidos cumple los mínimos establecidos de acuerdo al Decreto 4741 de 2005 (Gestión de Residuos Peligrosos), lo cual demuestra y coincidiendo con Mozo et al (2015) demuestran que la obtención de ladrillos de calidad a partir del control de porcentaje de Biosólidos secos y temperatura de cocción son altamente útiles.

Figura 2. Biosólidos como adiciones en la elaboración de ladrillos cerámicos



Nota. Por Ávila L., 2020 a partir de (Mono et al, 2015 & (Fuentes et al, 2017)

Aprovechamiento de Biosólidos como materia prima en la industria de la construcción

Los lodos residuales son considerados como residuos peligrosos, por tanto, es necesario la aplicación de un tratamiento y uso desde un contexto ambiental y sanitario, (Araujo, 2018) la gestión de los lodos está asociado al tratamiento de aguas residuales. La posibilidad de utilizar estos lodos con las arcillas cerámicas es brindar una alternativa viable en cuanto a especificaciones de combinaciones, Colombia y México siendo los países promotores del estudio en este tipo de aplicación, (Araujo, 2018) específicamente en el área de construcción.

Estos tratamientos se han realizado en Valledupar, anteriormente descrito y por parte de la universidad, tecnológica de Pereira evaluando no solo los resultados en ladrillos sino también en cada uno de los materiales, donde se buscaba remplazar el 50% de arena por Biosólidos, donde se comprobó que la absorción de humedad aumenta, lo cual afecta directamente la resistencia de los ladrillos donde se llega que debe tener hasta 40% para cumplir estándares de resistencia según la NTC4205 en mampostería no estructural.

Los paneles prefabricados también fueron método de investigación y uso de los Biosólidos los cuales eran 20% yeso 80% lodo de papel cumpliendo especificaciones ASTM las cuales pueden ser utilizadas como elementos no estructurales. En la mayoría de los casos el ladrillo con Biosólidos puede mejorar el rendimiento entre un 5% y 12% respecto al tradicional (Araujo, 2018) es por esto que se logra observar el amplio campo que se puede indagar y abordar en investigaciones relacionados con el uso de Biosólidos y ciertas aplicaciones en el área de la ingeniería, acertando en diferentes casos para la implementación Biosólidos con arcilla para la elaboración de ladrillos no estructurales.

Por otra parte, y gracias al desarrollo que ha tenido el campo de la construcción y la necesidad de aprovechar los Biosólidos que se obtienen en las plantas de tratamiento. Molina et al (s.f) se centraron en identificar los logros alcanzados para el aprovechamiento de los Biosólidos en la fabricación de ladrillos. Identificando no solo su uso efectivo en el uso de este material si no los positivos impactos ambientales que esto ocasiona. Este aprovechamiento se da principalmente en ladrillos combinados con arcilla, con la veracidad de ser una alternativa efectiva.

A su vez, (Muñoz, 2016) plantea una propuesta para el aprovechamiento de lodos como materia prima en la fabricación de ladrillos donde determina inicialmente que para dicho

aprovechamiento es necesario identificar las características físicas y su composición química lo cual es un factor detonante en el desarrollo de un estudio, lo cual permite realizar un análisis de los metales que presenta el lodo y así cumplir los estándares establecidos por la norma.

Adicional a lo anterior, los metales determinan el diseño en las mezclas siendo el hierro el metal que se debe tener mayormente en consideración (Muñoz, 2016). La evaluación es esencialmente a la resistencia a la compresión mecánica, lo cual permite determinar los requerimientos técnicos y las dimensiones y magnitudes de materiales a emplear. Dentro de su propuesta evalúa el factor financiero que contempla requerimientos del personal, construcción y mantenimiento del aprovechamiento de este.

Manejo de Biosólidos y su posible aplicación al suelo, caso Colombia y Uruguay

El tema del cambio climático es un interrogante bastante utilizado en los últimos años ya que afecta de manera directa e indirecta al ser humano, de este modo lograr cambiar los impactos ambientales que generan algunos procesos, este pretende lograr mejores resultados en las plantas de tratamiento de aguas residuales, llevando a los biosólidos a cumplir con la reglamentación para su uso y la aplicación, por tanto, se pretende analizar la aplicación en los suelos (González et al, 2013).

Dado la aplicación de los biosólidos en el suelo es importante tener en cuenta toda la normativa que este presenta por tanto para las PTAR en Colombia son:

Tabla 4. Normativa de los biosólidos.

Normatividad	Descripción
Decreto 2811 de 1974	Código de recursos naturales: se regula el manejo de residuos sólidos y su procesamiento, la obligación con los entes gubernamentales a recolectar, transportar y disposición final de estos.
Decreto 1594 del 1984	Vertimientos sobre fuentes de agua.
Resolución 2309 de 1986	Regula los residuos especiales, fundamentos de política ambiental, crea al Ministerio de ambiente.
Ley 99 de 1993	Describe las definiciones del ministerio (#12-32) recursos sólidos, funciones de las corporaciones.
Ley 142 de 1994	Régimen de servicios públicos y domiciliarios Art.5 competencia de los municipios referente a la prestación de los servicios públicos.
Decreto 2695 de 2000	Normas sobre la gestión de recursos sólidos.
Resolución 1096 de 2000	Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico.

Tabla 4. Continuación

Decreto 1713 de 2002	Define terminología de manejo de residuos sólidos, reglamenta el servicio público de aseo en el marco de la Gestión pública de residuos sólidos.
Resolución 1045 del 2003	Se establece la guía para la elaboración de los planes de gestión integral de residuos sólidos PGIRS
Decreto 1287 de 2014	Se establecen criterios para el uso de biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.
Resolución 1433 de 2004	Reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre planes de saneamiento y vertimientos
Resolución 2145 de 2005	Se modifica la Resolución 1433 de 2004 sobre planes de Saneamiento y manejo de vertimientos
Decreto 1076 de 2015	Ambiente y desarrollo sostenible, por medio del cual se expide el Decreto único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo sostenible.

Nota: Normas aplicables para el uso y manejo de los biosólidos. Por Ávila L, 2020 a partir de (González et al, 2013).

Se considera que los Biosólidos son utilizados de acuerdo a las bondades que estos presentan, en cuanto a ser usado como fertilizante orgánico, incrementando la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, retención de humedad entre otras, (González et al, 2013). Adicional afirman que la aplicación de biosólidos ya es común en la silvicultura, plantaciones forestales o viveros, adecuación de zonas verdes, abono y como remediación de suelos contaminados, esta potencialidad de su uso depende de acuerdo al tratamiento empleado para el biosólido, teniendo en cuenta el riesgo por presencia de patógenos.

De acuerdo a lo anterior, los biosólidos de las PTAR de Colombia han permitido reducir los requerimientos de suelo orgánico para la disposición final de residuos sólidos de diferentes ciudades del país, así mismo han permitido recuperar suelos degradados por actividades antrópicas, (González et al, 2013). Esta problemática de los lodos se hace importante el continuo análisis e investigaciones para generar alternativas donde se logre la totalidad del aprovechamiento de estos residuos de modo que como afirman los autores sea de manera integral donde se limpie el agua y en el suelo no suceda lo contrario.

Para lograr mejores resultados, una mayor eficacia y eficiencia en el aprovechamiento de los biosólidos, es importante hacer una trazabilidad e integridad entre las grandes PTAR y los municipios pequeños que no cuentan con dicho sistema y replicar sistemas de estabilización para buscar los beneficios en la humanidad.

El crecimiento y aumento de residuos y por consiguiente la necesidad de aprovechamiento de volúmenes de aguas residuales, y sus altos costos en disposición hace del uso en mejoramiento del suelo sea cada vez más tenido en cuenta (Potisek et al, 2010). A lo que llegaron que el uso de Biosólidos en suelos incrementa la concentración de micro nutrientes en un perfil de suelo analizado y que a su vez este puede ser utilizado en suelos agrícolas, pastizales, forestales y es efectiva el uso en cuanto a disposición final, sin contar el aporte en nutrientes a los cultivos, siendo una razón que no solo disminuye el impacto ambiental si no también los costos de producción y disposición de los mismos.

De igual manera, para la implementación de Biosólidos en suelos es necesario además categorizarlo, lo cual determina la viabilidad desde un contexto técnico para el uso del Biosólidos y su aprovechamiento (Ocampo, 2014). Dicho requerimiento técnico es importante para darle disposición correcta en función a lo establecido normativamente y a si reconocer si este requiere una disposición o tratamiento especial siendo esta una gran alternativa para la recuperación y manejo de suelos. Adicional de ser una solución en la disminución de presión sobre otros recursos siendo estos como la extracción de tierra y de materia vegetal con resultados eficientes.

Dicho acercamiento a nivel técnico y normativo, permiten el desarrollo de la viabilidad económica la cual y de acuerdo a Ocampo (2014) resulta ser una buena práctica, este se evalúa a partir del transporte hasta el sitio de aprovechamiento frente a transporte de disposición, personal, maquinaria, acondicionamiento de zonas y mezclas, y costos asociados como dotaciones entre otras.

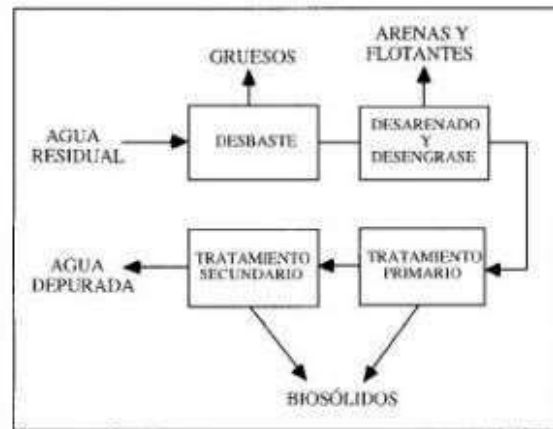
Biosólidos generados en la depuración de aguas

La gestión de biosólidos es tema de discusión frente al condicionamiento futuro que se puede ver desde el punto de vista del uso y destino de estos (López et al, 2006). En el proceso de tratamiento de aguas residuales, se obtienen diferentes materiales entre, ellos los biosólidos componen y suponen gran parte de volumen y presentan dificultades en la evacuación y el tratamiento.

La depuración consiste en cualquier tipo de desecho generado por una planta, la producción de lodos es consecuencia inherente del funcionamiento propio de ella, los Biosólidos ricos en nutrientes y materia orgánica (López et al, 2006). Dicho residuo se obtiene de la

separación líquida en la depuración de aguas tradicional. (Decantación primaria y sedimentación secundaria)

Figura 3. Obtención de Biosólidos



Nota. Tomado de: (López Mahamud, Gutierrez Lavín, & Sastre Andrés, 2006).

Sin embargo, esta depuración sufre de problemas en su gran medida por la concentración de metales pesados, de sustancias que están encima de límites establecidos, razón que puede ocasionar que el residuo no sea el adecuado para el uso que se desee o considerar precauciones especiales para su procesamiento y aplicación. La importancia de hacer un uso adecuado de los Biosólidos está fundamentada en:

Figura 4. Importancia del uso adecuado



Nota. Por Ávila L, 2020 Tomado de: (López Mahamud, Gutierrez Lavín , & Sastre Andrés , 2006).

Para esto, se plantan diferentes métodos de vertido y aprovechamiento de lodos, dependen de las condiciones particulares de cada planta sin embargo los principales métodos de vertido son (Valencia Torres, 2019).

Tabla 5. Métodos de vertimiento.

Método	Aplicación
Vertido al mar	El vertido al mar se realiza mediante barcos y se bombea el lodo con un contenido en sólidos, aunque algunas veces se realiza directamente, este también varía en consideración basada en la incertidumbre de los costos y riesgos para con el medio ambiente y la vida humana, según el tipo de legislación.
Depósitos en vertederos	Se dispone un depósito destinado a dicho fin, es objeto de crítica ya que no se determina un uso alternativo específico, es una técnica clásica y presenta inconvenientes por espacio y la asignación de lugares para la actividad mencionada.
Utilización en agricultura	Mediante técnicas como el esparcimiento y la inyección se hace el aporte de nutrientes y mejora de la textura del suelo con los biosólidos. Teóricamente es la aplicación más utilizada para el aprovechamiento de los biosólidos, y comprueba que es una aplicación favorable, salvo cuando esta contiene metales pesados en su composición.
Recuperación y rehabilitación de terrenos	Los biosólidos son un agente que permite revitalizar la capa de vertederos o de movimientos de masas, adecuados para la recuperación de cobertura vegetal, adicional reduce la erosión, aumenta la capacidad productiva y su capacidad de retención de agua, reduciendo la escorrentía.
Otras aplicaciones	Aunque no son los más óptimos, son métodos aun empleados en algunos lugares, como lo es la combustión con fusión de escorias, a través de la fundida con aditivos para la fabricación de productos cerámicos. La licuefacción de lodos, es un secado térmico a partir de lodos deshidratados y producción de granulados con bajo contenido en humedad
Gestión de Lodos	Se obtiene el biosólido como material que si su procesamiento es adecuado, tiene un potencial aprovechable como residuo.

Nota: Métodos para la aplicación y uso de los biosólidos. Por Ávila L, 2020 a partir de (López Mahamud, Gutiérrez Lavín, & Sastre Andrés, 2006).

Finalmente, y gracias a unas pruebas en la Universidad de Antioquia se determinaron la factibilidad de la disposición de Biosólidos “considerándolos potencialmente rehabilitadores de suelos degradados y como materiales de compostaje” (Quinchia & Carmona, 2004). Dichas pruebas incluyeron caracterización microbiológica y fisicoquímica lo cual permite el potencial

de este como material de compostaje, siendo un material que aporta nutrientes sin embargo que debe tenerse en cuenta sus metales en función a la normativa colombiana.

Costos y disposición de Biosólidos

Este documento es basado en un ejercicio demostrado para la PTAR del salitre en la ciudad de Bogotá se debe tener en cuenta lo siguiente según CAR et al (2018):

- Costo de terreno o lugar de disposición del mismo.
- Volumen los biosólidos que se van a disponer
- Tipo de revestimiento que se requiere
- Distancia a de disposición final de uso o aprovechamiento de los biosólidos □

Tipo de tratamiento y disposición de los lixiviados para la generación del biosólido.

- Sistema de recolección y re-uso del residuo.
- Compra y mantenimiento de equipos
- Cumplimiento con la normativa, ambiental y legislación en general.
- Costo de mano de obra
- Costo de material adicional
- Improvistos

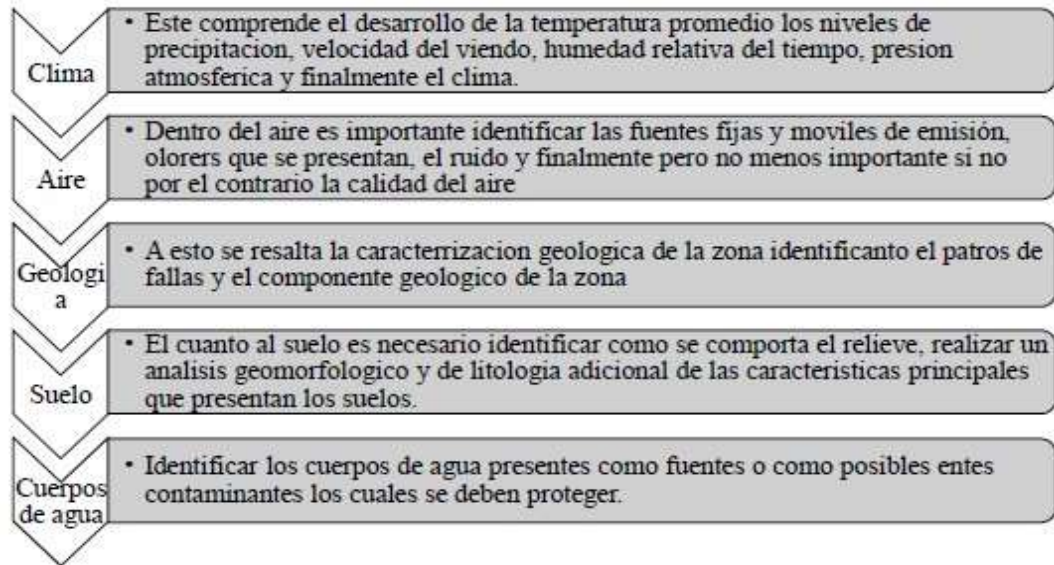
Evaluación ambiental y disposición de Biosólidos

De acuerdo a (Gonzalez & Diaz , 2015) demuestran y proponen ciertas actividades desarrolladas para la disposición de los Biosólidos, este se define en el proceso posterior a la obtención de los mismos, inicialmente son secados y se disponen en el medio de transporte seleccionado para la clasificación en el punto de destino. Para eso son necesarios diferentes insumos tales como los Biosólidos, el compostaje de material orgánico junto con la materia orgánica obtenida de residuos vegetales, algunas enzimas que permiten la reducción de olores en el almacenamiento y mezcla, finalmente el ACPM para el motor utilizado en el medio de transporte y aceite como lubricante.

Tal como se observa la evaluación también parte, no solo del lugar de disposición si no del transporte y los insumos necesarios para el mismo, identificando la ruta que menos necesite de estos y contribuya a mitigar los impactos ambientales.

Para esto debe ser necesario tener en cuenta los medios físicos que influyen en el desarrollo de la evaluación ambiental descrita a continuación:

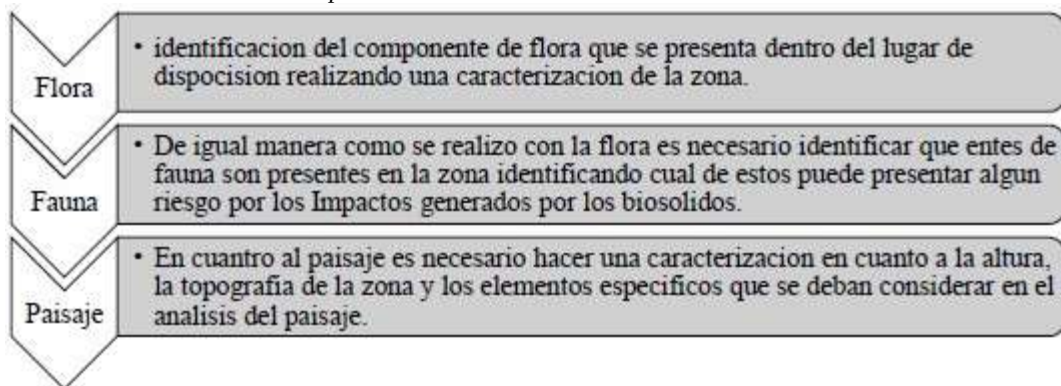
Figura 5. Evaluación Ambiental de disposición de Biosólidos. Por



Nota. Ávila L, 2020 a partir de (Gonzalez & Diaz, 2015) & (CAR et al, 2018).

Del mismo modo un medio biótico y perceptual que comprenden la flora y fauna junto con el paisaje respectivamente observado y desglosado de manera específica en la siguiente figura:

Figura 6. Evaluación Ambiental de disposición de Biosólidos



Nota. Por Ávila L, 2020 a partir de (Gonzalez & Diaz, 2015) & (CAR et al, 2018).

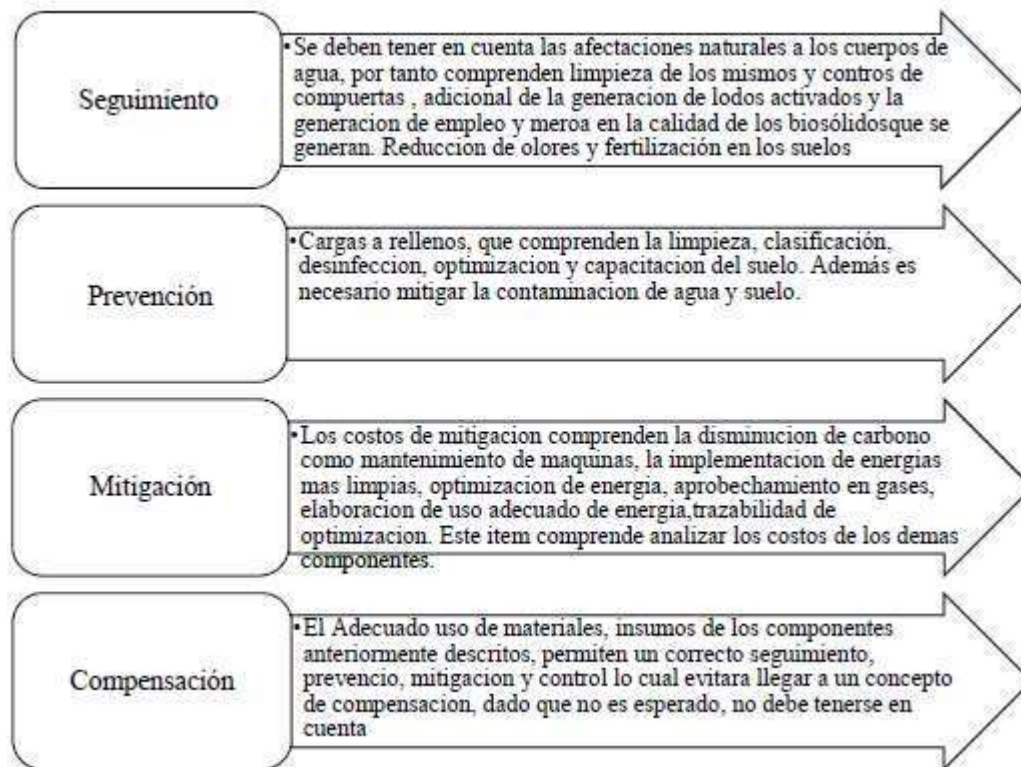
A lo anterior debe ser tenido en cuenta además un componente socio- económico dentro de la evaluación ambiental de la zona. Este comprende la economía de la zona caracterizada por cada uno de los sectores (Primario, secundario y terciario) adicionalmente la religión principal de la zona, si hay grupos étnicos o indígenas presentes y caracterización general de la población. La caracterización que se presentó anteriormente sobre los componentes ambientales, permite la evaluación de los impactos ambientales, para identificar la posible afectación de la disposición de los Biosólidos, de acuerdo a (Gonzalez & Diaz , 2015) realizan una caracterización de riesgos a través de una matriz de riesgos con los impactos ambientales que esto puede generar presentados mediante el anexo A. con el fin de resaltar el desarrollo por los autores y no omitir ningún dato de la matriz presentada.

Básicamente la matriz representa que, sin importar la metodología, lo imparte es categorizar los impactos para el fin de la disposición de la disposición de los Biosólidos.

Evaluación económica

La manera más adecuada para identificar los impactos es materializando los daños que se pueden presentar así que de igual manera (Gonzalez & Diaz , 2015) proponen una guía de costos que se deben tener en cuenta para el desarrollo y disposición de Biosólidos identificados continuación:

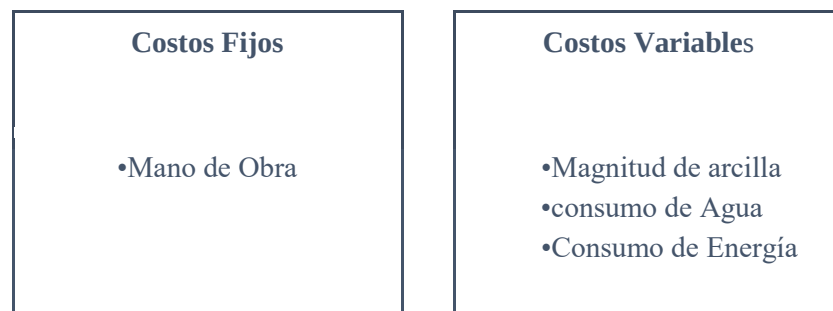
Figura 7. Evaluación Económica de disposición de Biosólidos.



Nota. Por Ávila L, 2020 a partir de (Gonzalez & Diaz, 2015) & (CAR et al, 2018)

Por otra parte, (Mogollon & Carrillo, 2016) en su evaluación económica implementa la metodología de valor futuro el cual proyecta no la disposición de Biosólidos si no la incorporación de los Biosólidos en procesos de producción de ladrillos comparados entre unos 100% arcilla y otros con un 10% de lodos añadidos para esto se determinó:

Figura 8. Evaluación Económica de Aplicación de Biosólidos en ladrillos 100% arcilla.



Nota. Por Ávila L, 2020 a partir de (Mogollon & Carrillo, 2016).

En comparación con uno con 10% de Lodo tal como se mencionó anteriormente:

Figura 9. Evaluación Económica de Aplicación de Biosólidos en ladrillos 10% Lodos.

Costos Fijos	Costos Variables
•Mano de Obra	•Magnitud de arcilla •consumo de Agua •Consumo de Enegia •Lodos •Transporte de lodos

Nota. Por Ávila L, 2020 a partir de (Mogollón & Carrillo , 2016).

La evaluación de los costos por valor futuro proyecta los mismos en un periodo determinado a partir de una tasa de inflación determinada la cual se calcula a partir de la siguiente expresión tal como presentan (Mogollon & Carrillo , 2016)

$$\text{Valor futuro} : m (1 + i)^n$$

Donde m = Total de costos i = Tasa de inflación o interés n= Periodo

Este valor se determina para calcular el punto de equilibrio que determina la relación entre todos los costos fijos totales y el precio de venta menos costos variables unitarios, los datos presentados por los autores determinan que en el periodo que ellos tomaron en cuenta (10años) la reducción total en costos con la implementación de lodos es de un 6% menos en comparación a un ladrillo 100% de arcilla lo cual es un valor positivo para tener en cuenta en la implementación y aplicación de Biosólidos.

Resultados e impactos

Tabla 6. Resultados.

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Recopilación de información	Información bibliográfica	donde al objetivo general
Opto Biosólidos en la ingeniería.	Información bibliográfica	Responde al objetivo específico 1
y aplicaciones en la ingeniería	Información bibliográfica	Responde al objetivo específico 2 y 3
Importancia, de organización, actualización y recopilación de información	Lectura previa, análisis propia del autor	Responde al objetivo 4

Nota: Resultados obtenidos mayor detalle en las conclusiones. Por Ávila L, 2020

Impactos

Impacto institucional. Gracias al desarrollo de este documento se espera que la comunidad tenga una mayor visión en cuando a la importancia de la actualización y recopilación de información de un tema en específico para suplir las necesidades de una sociedad fomentando este tipo de proyectos.

Conclusiones

Los Biosólidos son los residuos sólidos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), ricos en materia orgánica y nutrientes para la implementación, manejo y aprovechamiento de este en diferentes campos. Dicho aprovechamiento forma parte importante a la conservación de los recursos naturales y la disminución del impacto ambiental que las propiedades antrópicas generan hoy en día.

Las disposiciones del uso de los Biosólidos están dadas en cumplimiento al decreto 1287 de 2014 donde se consideran los conceptos básicos, la composición física, química, los valores máximos permitidos, categorización y diferentes usos en los cuales se puede dar el aprovechamiento que principalmente y de acuerdo a las aplicaciones también debería ser tenido en cuenta el decreto 1077 de 2015 que estipula ciertos parámetros sobre lo Biosólidos.

La principal dificultad y problemas en la calidad de Biosólidos se debe a microorganismos patógenos y metales pesados, razón por la cual las alternativas de uso, disposición y aplicación deben garantizar la mitigación de impactos negativos de cualquier tipo.

Adicional a lo anterior fue posible observar el gran campo que ha recorrido y tiene por recorrer la implementación de los lodos producidos en las plantas de tratamiento, apuntándole a diferentes alternativas de uso y aprovechamiento en pro a los impactos que generen.

La síntesis permite una actualización en el tema, definiendo usos y aplicaciones como lo es en fertilizantes para el suelo, aprovechamiento de energía, reactivación de cobertura vegetal, aditivos para materiales de construcción en elementos no estructurales como ladrillos y perfiles, además del uso agrícola, forestal, relleno para áreas de recreación o de ornato, materia prima de abono y elaboración de materiales de construcción en general.

Gracias a la revisión de fuentes secundarias fue posible llegar a concluir que desde el punto de vista económico aún hay bastante por investigar y aplicar dado que los tratamientos de los Biosólidos tienen un alto costo en el mismo, en el factor operativo y de disposición final. Siendo esta una variable que determinaría la implementación de dicho material en un determinado uso o aplicación.

Es necesario la actualización en términos legales los cuales permiten el desarrollo de nuevas investigaciones ya que estos se centran únicamente al desarrollo de tratamientos de agua, sin embargo, estos son aplicables a diferentes campos tal como se observó en el desarrollo de la monografía.

Recomendaciones

El desarrollo, aplicación, generación y disposición de Biosólidos debe cumplir los requerimientos estipulados en el decreto 1287, con lo cual se garantiza la calidad del mismo en su cadena de producción, y ciclo efectivo. Adicional a lo anterior se resalta y recalca la importancia de las instituciones educativas con el motivar las investigaciones que permitan la optimización en procesos y el desarrollo de nuevas metodologías que permitan incrementar el alcance en las aplicaciones.

Dado la caracterización de los Biosólidos es necesario que se evite la mezcla con otras actividades y herramientas que puedan generar contaminantes cruzados. De modo que los expertos deban desarrollar guías para incentivar las aplicaciones anteriormente descritas en la monografía.

La caracterización de los Biosólidos no solo permite el desarrollo de nuevas aplicaciones y estudios si no que este es obligatorio de acuerdo al decreto 1287 de 2014 por tanto es obligatorio realizarlo para el uso del mismo.

Finalmente, se recomienda, continuar con este tipo de proyectos investigativos para dar un norte de innovación a la implementación del aprovechamiento y manejo de residuos sólidos siempre desde el contexto normativo ya que en todas las aplicaciones su fundamento está dado por cumplir unos parámetros ya establecidos por la legislación correspondiente a cada proceso, además de trabajar en pro al impacto ambiental que esto pueda generar y al beneficio de la calidad humana.

Referencias bibliográficas

- Alba, L. R. (14 de enero de 2011). La falta de información: otra limitación de los mexicanos. <https://www.animalpolitico.com/lo-que-mexico-evalua/la-falta-deinformacion-otra-limitacion-delosmexicanos/?amp>
- Araujo, L., Molina, S., & Noguera, L. (2018). Aprovechamiento de los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales como materia prima en la industria de la construcción: revisión bibliográfica. *Revista Agunkuyâa*, 8(1), 21-28. <https://doi.org/10.33132/27114260.1231>
- Araujo, L., Molina, S., & Noguera, L. (s.f.). Aprovechamiento de los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales como materia prima en la industria de la construcción. <https://core.ac.uk/download/pdf/268442574.pdf>
- Bedoya Urrego, K., Peláez Jaramillo, C., Acevedo Rúiz, J. M., & Agudelo López, S. (2013). Caracterización de biosólidos generados en la planta de tratamiento de agua residual San Fernando, Itagüí (Antioquia, Colombia). *Revista de Salud Pública*, 15(5), 778-790. Recuperado a partir de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/37449>
- CAR , Hazen and Sawyer ingenieros ambientales y científicos, Nippon Koei Challenging mind, Changing Dynamics. (s.f.). Producto Final – Anexo No. 20. Alternativas para el Manejo Disposición de Biosólidos de la PTAR Salitre. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5aeb74e52010b.pdf>.
- Cué Brugueras, M., & Oramas Díaz, J. (2008). Síntesis de información y artículos de revisión. *ACIMED*, 17(2) http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352008000200007&lng=es&tlng=es.
- Fuentes Molina, N., Isenia León , S., & Acencio Mendoza, J. (Diciembre de 2017). Biosólidos de tratamiento de aguas residuales domésticas, como adiciones en la elaboración de ladrillos cerámicos. *Produccion Mas limpia*, 12(2), 92-102. doi: DOI: 10.22507/pml.v12n1a8
- González Guzman, J., Rodríguez González , A., & Melo Cerón , A. (2013). Manejo de Biosólidos y su posible aplicación al suelo, caso Colombia y Uruguay. *Revista de investigacion agraria y ambiental*, 217-226. Obtenido de <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1851/2232>

- González Luque, G. & Díaz Romero, A. (Diciembre de 2015). Análisis de alternativas para ajustar de “categoría b” a “categoría a” los biosólidos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales el salitre según con lo dispuesto en el decreto 1287 de 2014: [Trabajo de grado, Universidad Libre]. Repositorio. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10675/PROYECTO%20DE%20BIOS%C3%93LIDOS%20%28TIPO%20B%29%20A%20%28TIPO%20A%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández-Uribe, Rubén Ernesto, Barrios-Piña, Héctor, & Ramírez, Aldo I.. (2017). Análisis de riesgo por inundación: metodología y aplicación a la cuenca Atemajac. *Tecnología y ciencias del agua*, 8(3), 5-25. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-03-01>
- Mahamud López, M., Gutiérrez Lavín, A., & Sastre Andrés, H. (1996). Biosólidos generados en la depuración de aguas (I): planteamiento del problema. *Ingeniería del agua*, 3(2), 47-62. doi:<https://doi.org/10.4995/ia.1996.2698>
- Martínez, R., Monteagudo, M., Monteagudo, P., López, D., Turiño, B., & Cubela, R. (2019). ¿Por qué enunciar las limitaciones del estudio? *Medisur*, 17(1), 10-12. Recuperado el 2020, de <http://scielo.sld.cu/pdf/ms/v17n1/1727897X-ms-17-01-10.pdf>
- Miao, L. L. (November 8-12). A specification based approach to testing polymorphic attributes. *Formal Methods and Software Engineering: Proceedings of the 6th International Conference on Formal Engineering Methods, ICFEM 2004*. Seattle, WA, USA, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-30482-1_28
- Mogollón Lozano, S. M., & Carrillo Castañeda, C. H. (2016). Evaluación técnica, económica y ambiental de lodos provenientes de la PTAR de la compañía internacional de alimentos agropecuarios (Cialta S.A.S) como alternativa de aprovechamiento para producción de ladrillos cerámicos. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/185
- Mozo, W., Gomez, A., & Camargo, G. (2015). Efecto de la adición de biosólido (seco) a una pasta cerámica sobre la resistencia mecánica de ladrillos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 61-78. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/750/75045730005.pdf>
- Muñoz, M. (2016). Propuesta para el aprovechamiento de los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas startwater como materia prima en la fabricación de ladrillo. [Trabajo de grado. Fundación Universitaria de América]. Repositorio. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/613/1/61013902016-2IQ.pdf>

- Ocampo, D. A. (Julio de 2014). Guía para el uso de biósólidos en recuperación de suelos disturbados. [Trabajo de grado. Universidad Libre]. Repositorio. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10636/GU%C3%8DA%20PARA%20EL%20USO%20DE%20BIOS%C3%93LIDOS%20EN%20RECUPERACION%20DE%20SUELOS%20DISTURBADOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Potisek-Talavera, M, Figueroa-Viramontes, U, González-Cervantes, G, & Jasso-Ibarra, R, & Orona-Castillo, I. (2010). Aplicación de biosólidos al suelo y su efecto sobre contenido de materia orgánica y nutrientes. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 327-333. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57318502004>
- Presidencia de la República. (10 de julio de 2014). Decreto 1287. *Sistema Unico de Informacion Normativa*. Diario Oficial No.49208. Obtenido de <http://www.suin-juriscol.gov.co/http://www.suinjuriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1259502>
- Quecedo Lecanda, R, & Castaño Garrido, C (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista de Psicodidáctica*, (14), 5-39. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17501402>
- Quinchia, A., & Carmona, D. (2004). Factibilidad de disposición de los Biosólidos generados en una planta de aguas residuales combinada. *Escuela de Ingenieria de Antioquia*(2), 89-108. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n2/n2a09.pdf>
- Rincón Rincon, S. & Cepeda Florián, J. (2015). Análisis del uso de biosólidos para la recuperación de suelos degradados por proyectos mineros que se encuentran en fase de cierre y abandono en Bogotá D.C.. [Trabajo de grado, Universidad Libre]. Repositorio. <http://hdl.handle.net/10901/10659>.
- Rojas Remis, R. & Mendoza Espinosa, L. (2012). Utilización de biosólidos para la recuperación energética en México. *Producción + Limpia*, 7(2), 74-94. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552012000200006&lng=en&tlng=es
- Rotger, D, Aversa, M, Jáuregui, E. (2018). Cambio climático, inundaciones y “lagunas” de información. Análisis de inundaciones a través del rastreo de artículos periodísticos en el Gran La Plata (Buenos Aires, Argentina). *Cadernos Metrópole*, 20(42), 305-324. <https://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2018-4201>
- Sole, A. C. (2006). *Instrumentación Industrial*. Mexico: Alfaomega.

- Torres Valencia, L. (2019). Desarrollo de una metodología para la identificación de alternativas de manejo de los biosólidos de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de Cañavalejo (PTAR-C) de Santiago de Cali. [Trabajo de grado. Universidad Autonoma de Occidente]. Repositorio. <http://red.uao.edu.co/bitstream/10614/11376/5/T08597.pdf>
- Wigner, E. P. (2005). Theory of traveling wave optical laser . Phys. Rev., 134, A635-A646.
- Zuluaga, J. A. (2007). Los biosólidos: ¿una solución o un problema? *Produccion Mas limpia* 57-71. <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n26/n26a13.pdf>

Anexos

Anexo A. Matriz de riesgos impactos ambientales

MEZCLA DE BIOSÓLIDOS CATEGORÍA B Y COMPOST			NIVEL DE IMPACTO AMBIENTAL (NIA)	NATURALEZA	CONTROLES DETERMINADOS
ACTIVIDAD	ASPECTO	IMPACTO AMBIENTAL			
Generación de biosólidos categoría B en la PTAR	Consumo de energía: Operación de máquinas y equipos de la PTAR	Incremento de dióxido de carbono para producción de energía en hidroeléctricas. Desabastecimiento de energía en otras zonas.	MEDIO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Generación de biosólidos categoría B en la PTAR	Consumo de materias primas: Uso de sustancias químicas para floculación y enzimas para biodigestión	Eliminación de sedimentos en el agua y generación de lodos activos.	MEDIO	(+)	SEGUIMIENTO
Generación de biosólidos categoría B en la PTAR	Generación de empleo: Contratación de mano de obra local y municipal	Oportunidad de empleo y mejoramiento de la calidad de vida	MEDIO	(+)	SEGUIMIENTO
Generación de biosólidos categoría B en la PTAR	Generación de emisiones atmosféricas: Generación de Metano y dióxido de carbono durante la digestión anaerobia	Aportación de Gases de Efecto Invernadero (GEI's) a la atmósfera.	MEDIO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Generación de biosólidos categoría B en la PTAR	Generación de vertimientos: Aguas tratadas con tratamiento primario	Aguas con remoción de sedimentos y de mejor calidad respecto a agua captada.	ALTO	(+)	SEGUIMIENTO
Generación de biosólidos categoría B en la PTAR	Generación de ruido: Operación de máquinas y equipos de la PTAR	Afectación a ciclos biológicos de especies animales y seres humanos.	BAJO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Generación de biosólidos categoría B en la PTAR	Generación de residuos sólidos: Sedimentos y materiales sólidos obtenidos del cribado y la sedimentación	Carga a relleno sanitario	MEDIO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Almacenamiento de biosólido categoría B en la PTAR	Consumo de energía: Operación de bandas transportadoras que descargan en volcos de almacenamiento	Incremento de dióxido de carbono para producción de energía en hidroeléctricas. Desabastecimiento de energía en otras zonas.	MEDIO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Almacenamiento de biosólido categoría B en la PTAR	Consumo de materias primas: Aplicación de enzimas para reducción de olores	Reducción de olores ofensivos	BAJO	(+)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Almacenamiento de biosólido categoría B en la PTAR	Generación de empleo: Contratación de mano de obra local y municipal	Oportunidad de empleo y mejoramiento de la calidad de vida	MEDIO	(+)	SEGUIMIENTO
Almacenamiento de biosólido categoría B en la PTAR	Generación de emisiones atmosféricas: Olores ofensivos	Olores que pueden afectar a otros productos y generar incomodidad en la comunidad	BAJO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Almacenamiento de biosólido categoría B en la PTAR	Generación de residuos sólidos: Envases de aditivos enzimáticos	Carga a relleno sanitario	MEDIO	(-)	PREVENCIÓN
Transporte de	Consumo de materias primas:	Reducción de olores ofensivos	BAJO	(+)	MITIGACIÓN Y

MEZCLA DE BIOSÓLIDOS CATEGORÍA B Y COMPOST			NIVEL DE IMPACTO AMBIENTAL (NIA)	NATURALEZA	CONTROLES DETERMINADOS
ACTIVIDAD	ASPECTO	IMPACTO AMBIENTAL			
biosólidos categoría B a la planta de compostaje	Aplicación de enzimas para reducción de olores				CONTROL
Transporte de biosólidos categoría B a la planta de compostaje Terraviva Ltda	Consumo de sustancias peligrosas: Consumo de ACPM y lubricantes para vehículos de transporte	Contaminación del agua y el suelo	MEDIO	(-)	PREVENCIÓN
Transporte de biosólidos categoría B a la planta de compostaje Terraviva Ltda	Generación de empleo: Contratación de mano de obra local y municipal	Oportunidad de empleo y mejoramiento de la calidad de vida	MEDIO	(+)	SEGUIMIENTO
Transporte de biosólidos categoría B a la planta de compostaje Terraviva Ltda	Generación de emisiones atmosféricas: Combustión de vehículos	Aportación de Gases de Efecto Invernadero (GEI's), sustancias causantes de lluvia ácida y metales pesados a la atmósfera. Afecciones respiratorias en animales y seres humanos.	MEDIO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Transporte de biosólidos categoría B a la planta de compostaje Terraviva Ltda	Generación de ruido: Operación de vehículos	Afectación a ciclos biológicos de especies animales y seres humanos.	BAJO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Transporte de biosólidos categoría B a la planta de compostaje Terraviva Ltda	Generación de residuos sólidos: Envases de aditivos enzimáticos	Carga a relleno sanitario	MEDIO	(-)	PREVENCIÓN
Transporte de biosólidos categoría B a la planta de compostaje Terraviva Ltda	Generación de residuos peligrosos: Envases de lubricantes y combustibles	Contaminación del agua y el suelo. Aporte de residuos a zonas de tratamiento especial.	MEDIO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Compostaje de biosólidos categoría B en la planta Terraviva Ltda	Consumo de materias primas: Aplicación de enzimas para reducción de olores	Reducción de olores ofensivos	BAJO	(+)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Compostaje de biosólidos categoría B en la planta Terraviva Ltda	Consumo de sustancias peligrosas: Consumo de ACPM y lubricantes para maquinaria agrícola	Contaminación del agua y el suelo	MEDIO	(-)	PREVENCIÓN
Compostaje de biosólidos categoría B en la planta Terraviva Ltda	Generación de empleo: Contratación de mano de obra local y municipal	Oportunidad de empleo y mejoramiento de la calidad de vida	MEDIO	(+)	SEGUIMIENTO
Compostaje de biosólidos categoría B en la planta Terraviva Ltda	Generación de emisiones atmosféricas: Combustión de maquinaria agrícola	Aportación de Gases de Efecto Invernadero (GEI's), sustancias causantes de lluvia ácida y metales pesados a la atmósfera. Afecciones respiratorias en animales y seres humanos.	MEDIO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Compostaje de biosólidos categoría B en la planta Terraviva Ltda	Generación de emisiones atmosféricas: Olores ofensivos	Olores que pueden afectar a otros productos y generar incomodidad en la comunidad	BAJO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL

MEZCLA DE BIOSÓLIDOS CATEGORÍA B Y COMPOST			NIVEL DE IMPACTO AMBIENTAL (NIA)	NATURALEZA	CONTROLES DETERMINADOS
ACTIVIDAD	ASPECTO	IMPACTO AMBIENTAL			
Compostaje de biosólidos categoría B en la planta	Generación de ruido: Operación de maquinaria agrícola	Afectación a ciclos biológicos de especies animales y seres humanos.	BAJO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Compostaje de biosólidos categoría B en la planta Terraviva Ltda	Pérdida de cobertura vegetal: Impermeabilización del suelo	Alteración de la morfología y características naturales del suelo.	MEDIO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Compostaje de biosólidos categoría B en la planta Terraviva Ltda	Generación de residuos sólidos: Empaques de aditivos enzimáticos, herramientas desgastadas y Elementos de Protección Personal usados.	Carga a relleno sanitario	BAJO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Compostaje de biosólidos categoría B en la planta Terraviva Ltda	Generación de residuos peligrosos: Envases de lubricantes y combustibles	Contaminación del agua y el suelo. Aporte de residuos a zonas de tratamiento especial.	MEDIO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Almacenamiento de biosólidos categoría A en la planta Terraviva Ltda	Consumo de materias primas: Aplicación de enzimas para reducción de olores	Reducción de olores ofensivos	BAJO	(+)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Almacenamiento de biosólidos categoría A en la planta Terraviva Ltda	Generación de empleo: Contratación de mano de obra local y municipal	Oportunidad de empleo y mejoramiento de la calidad de vida	MEDIO	(+)	SEGUIMIENTO
Almacenamiento de biosólidos categoría A en la planta Terraviva Ltda	Generación de emisiones atmosféricas: Olores ofensivos	Olores que pueden afectar a otros productos y generar incomodidad en la comunidad	BAJO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Almacenamiento de biosólidos categoría A en la planta Terraviva Ltda	Pérdida de cobertura vegetal: Impermeabilización del suelo	Alteración de la morfología y características naturales del suelo.	MEDIO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Almacenamiento de biosólidos categoría A en la planta Terraviva Ltda	Generación de residuos sólidos: Envases de aditivos enzimáticos	Carga a relleno sanitario	MEDIO	(-)	PREVENCIÓN
Transporte de biosólidos categoría A desde la planta de compostaje hasta los diversos puntos de aplicación	Consumo de materias primas: Aplicación de enzimas para reducción de olores	Reducción de olores ofensivos	BAJO	(+)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Transporte de biosólidos categoría A desde la planta de compostaje hasta los diversos puntos de aplicación	Consumo de sustancias peligrosas: Consumo de ACPM y lubricantes para vehículos de transporte	Contaminación del agua y el suelo	MEDIO	(-)	PREVENCIÓN
Transporte de biosólidos categoría A desde la planta de compostaje hasta los diversos puntos de aplicación	Generación de empleo: Contratación de mano de obra local y municipal	Oportunidad de empleo y mejoramiento de la calidad de vida	MEDIO	(+)	SEGUIMIENTO
Transporte de biosólidos categoría A desde la planta de compostaje hasta los diversos puntos de aplicación	Generación de emisiones atmosféricas: Combustión de vehículos	Aportación de Gases de Efecto Invernadero (GEI's), sustancias causantes de lluvia ácida y metales pesados a la	MEDIO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL

MEZCLA DE BIOSÓLIDOS CATEGORÍA B Y COMPOST			NIVEL DE IMPACTO AMBIENTAL (NIA)	NATURALEZA	CONTROLES DETERMINADOS
ACTIVIDAD	ASPECTO	IMPACTO AMBIENTAL			
los diversos puntos de aplicación		atmósfera. Afecciones respiratorias en animales y seres humanos.			
Transporte de biosólidos categoría A desde la planta de compostaje hasta los diversos puntos de aplicación	Generación de ruido: Operación de vehículos.	Afectación a ciclos biológicos de especies animales y seres humanos.	BAJO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Transporte de biosólidos categoría A desde la planta de compostaje hasta los diversos puntos de aplicación	Generación de residuos sólidos: Envases de aditivos enzimáticos	Carga a relleno sanitario	MEDIO	(-)	PREVENCIÓN
Transporte de biosólidos categoría A desde la planta de compostaje hasta los diversos puntos de aplicación	Generación de residuos peligrosos: Envases de lubricantes y combustibles	Contaminación del agua y el suelo. Aporte de residuos a zonas de tratamiento especial.	MEDIO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Aplicación de biosólidos categoría A	Consumo de agua: Aplicación de agua para labores de restauración, adecuación y fertilización de suelos	Agotamiento del recurso hídrico. Contaminación del agua.	MEDIO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Aplicación de biosólidos categoría A	Consumo de materias primas: Aplicación de insumos agrícolas.	Fertilización del suelo	MEDIO	(+)	SEGUIMIENTO
Aplicación de biosólidos categoría A	Consumo de sustancias peligrosas: Consumo de ACPM y lubricantes para maquinaria agrícola	Contaminación del agua y el suelo	MEDIO	(-)	PREVENCIÓN
Aplicación de biosólidos categoría A	Generación de empleo: Contratación de mano de obra local y municipal	Oportunidad de empleo y mejoramiento de la calidad de vida	MEDIO	(+)	SEGUIMIENTO
Aplicación de biosólidos categoría A	Generación de emisiones atmosféricas: Combustión de maquinaria agrícola	Aportación de Gases de Efecto Invernadero (GEI's), sustancias causantes de lluvia ácida y metales pesados a la atmósfera. Afecciones respiratorias en animales y seres humanos.	MEDIO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Aplicación de biosólidos categoría A	Generación de ruido: Operación de maquinaria agrícola	Afectación a ciclos biológicos de especies animales y seres humanos.	BAJO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Aplicación de biosólidos categoría A	Generación de residuos sólidos: Empaques de aditivos enzimáticos, herramientas desgastadas y Elementos de Protección Personal usados.	Carga a relleno sanitario	ALTO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL
Aplicación de biosólidos categoría A	Generación de residuos peligrosos: Envases de lubricantes y combustibles	Contaminación del agua y el suelo. Aporte de residuos a zonas de tratamiento especial.	MEDIO	(-)	MITIGACIÓN Y CONTROL

Nota. por (Gonzalez & Diaz , 2015)