

EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DEL MANEJO DE BIOSÓLIDOS GENERADOS EN LA PTAR SALITRE PARA LA CAR EN EL PROYECTO CHECUA DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA EN EL MUNICIPIO LA CALERA, CUNDINAMARCA

**STEFANY JULIETH BORDA GONZÁLEZ, SEBASTIÁN ALEJANDRO TAFUR CORREA
Y JUAN PABLO RODRÍGUEZ MIRANDA**

Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.
sjbordag@correo.udistrital.edu.co, jprodriguez@udistrital.edu.co

*Recibido: 23 de junio de 2022 / Aprobado: 29 de noviembre de 2022
Publicado: 20 de enero de 2023*

RESUMEN

Los lodos conocidos como biosólidos son generados por las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) como un residuo de sus procesos que, de ser dispuestos de manera incorrecta y/o en sitios inadecuados, pueden ocasionar afectaciones a la salud humana y al medio ambiente pues contienen gran cantidad de microorganismos patógenos. Los biosólidos de la PTAR Salitre se destinan para la enmienda de suelos en dos predios propiedad de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Esta destinación no considera que estos biosólidos tienen un mayor potencial en el uso agrícola. Se busca evaluar la viabilidad de aprovechar los biosólidos originados en la PTAR Salitre para tratarlos y estabilizarlos según la normatividad aplicable para destinarlos como acondicionadores de suelos de uso agrícola y posteriormente destinarlos en el Proyecto Checua, logrando así un uso de mayor potencial del biosólido, incorporándolo en un proyecto que beneficia al agricultor, y destacando su importancia en la economía circular.

Palabras clave: Biosólidos, Suelos, Aprovechamiento, Acondicionador, PTAR.

ABSTRACT

Sludges known as biosolids are generated by the Wastewater Treatment Plants (WWTP), considered as a waste of its process. When they are incorrectly disposed and / or in an inappropriate place, can cause damages on human health and environment because they contain so much pathogenic microorganisms. In the case of the biosolids produced by the Salitre WWTP, they are used for soils amendment in two fields that are properties of the Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. However, these biosolids have a greater potential in agricultural use. So that Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR, which manages a project called Checua which carries out soil and water conservation activities in the municipality of La Calera Cundinamarca. Due to this, we intend to stablish viability of taking advantage of WWTP El Salitre biosolids, to treat and stabilize them according to the regulations to assume them as soil conditioner and agricultural use and later allocate them in the Checua Project, thus achieving a potential use of the biosolid, incorporating it in a project that benefits farmers, and highlighting its importance in circular economy.

Keywords: Biosolids, Soils, Utilization, Conditioner, WWTP

INTRODUCCIÓN

La disposición incorrecta de los biosólidos es una amenaza antrópica que se traduce en riesgos tanto para la salud humana como para la flora y fauna a causa de los microorganismos patógenos, los compuestos tóxicos y los metales pesados presentes en dichos lodos. Su disposición a cielo abierto y su descomposición también producen gases efecto invernadero (Rojas Remis & Mendoza Espinosa, 2012); así mismo, las escorrentías pluviales recogen y transportan contaminantes que pueden llegar a consumir el oxígeno disponible en el agua, lo que provoca una alteración de los ecosistemas acuáticos, generando el crecimiento incontrolado de plantas debido a la alteración de componentes como el fósforo y nitrógeno; así mismo, se puede presentar la contaminación de las aguas subterráneas debido a la infiltración de los lixiviados (Sawyer & Koei, 2011).

Para el caso concreto de los biosólidos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) El Salitre, actualmente existen varios estudios sobre los posibles usos para dicho residuo, pero la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) tan solo destina el material a los predios *El Corzo* y *La Magdalena*, ubicados al occidente de Bogotá, como enmienda para recuperación de suelos, teniendo en cuenta que este lodo es rico en fosfatos, nitratos y materia orgánica.

La EAAB no ha implementado ningún otro tratamiento, ya que no hace parte de su enfoque misional que es prestar los servicios de acueducto y alcantarillado sanitario y pluvial de Bogotá (EAAB, s.f.), es así como el uso de los biosólidos está limitado a los predios que de por sí tiene una capacidad útil de contención.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realiza una evaluación técnica y financiera del posible aprovechamiento de una parte de las 4.500 toneladas de biosólidos generados mensualmente por la PTAR.

Un Proceso de estabilización alcalina permitiría reducir los contenidos microbiológicos sin hacerle perder las propiedades generales del biosólido, convirtiéndolo en acondicionador de suelos, a ser utilizados en el Proyecto de Conservación de Suelo y Agua – PROCAS (conocido como Proyecto *Checua*), a cargo de la Corporación Autónoma Regional -CAR-, implementado en el municipio de La Calera Cundinamarca, teniendo

en cuenta que su objetivo (entre otras cosas) se basa fundamentalmente en la asistencia técnica a productores agrícolas para la implementación de sistemas de conservación y regeneración de suelos, ya que se busca incentivar el uso por parte de un proyecto en expansión (en este caso liderado por una entidad pública ambiental) y se dé a conocer la importancia del producto final, su valor ambiental, contando con que la materia prima es perenne y tiene alta capacidad de satisfacer la demanda.

METODOLOGÍA

Se parte del análisis de la demanda que, para este proyecto, está definida por la población beneficiada por la CAR en el Proyecto *Checua*, el cual cuenta con antecedentes de expansión a los diferentes lugares en donde se desea mejorar la calidad del suelo, que para este caso concreto se concentra en las veredas del municipio de La Calera. Es así como el uso del acondicionador pueda brindar al suelo los nutrientes necesarios, ya que es un mejorador orgánico, resultado de los biosólidos tratados y estabilizados los cuales se convierten en un agente potencializado del suelo, lo que contribuye a la producción de proteínas en las plantas (Grupo SACSA, 2015).

Por otra parte, la proyección de la oferta fue determinada a partir de la extensión del territorio de La Calera (31.686,06 HA); de estas, 144,34 HA pertenecen al área urbana. (Alcaldía Calera, 2021), estimándose que en el primer año se abarcaría el 1% de la extensión rural total que equivale a 315,42 HA y que se necesitan 0,02 bultos (1,0 Kg) del producto a base del biosólido por cada metro cuadrado, en el primer año se requerían 63.083 bultos.

Planificación del Proyecto

La planeación del proyecto está enfocada principalmente desde el componente ambiental y de calidad ambiental, obedeciendo al Decreto Nacional N° 1287 de 2014 “*Por el cual se establecen criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales*”. Este decreto está en línea con los artículos 79 y 80 de la Constitución Política, los cuales consagran el derecho colectivo a gozar de un ambiente sano y el deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente. Por otra parte, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MINVI-

VIENDA) es responsable de la formulación de políticas de agua y saneamiento básico, promoviendo el incremento en los niveles de tratamiento de los vertimientos cuyo resultado es el biosólidos.

Si bien el mencionado decreto en el artículo 5 hace mención de los valores máximos permisibles para la categorización de los biosólidos, los clasifica en Categoría A y Categoría B, dentro de las alternativas de usos de esta modalidad, se encuentra determinado “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, quedan sujetos a la regulación establecida por el ICA”.

Teniendo en cuenta esto último, se hace referencia al componente de calidad que le compete al presente proyecto, en el cual busca tratar y estabilizar los biosólidos para su uso como producto siendo un acondicionador de suelos, y para ello es importante la Resolución N° 150 de 2003 del Instituto Colombiano Agropecuario -ICA-, “*Por la cual se adopta el Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia*” ya que realiza el control de los biosólidos cuando estos se vayan a emplear como insumo agrícola, lo cual básicamente tiene como objetivo orientar la comercialización y el uso y manejo adecuados y racionales de los acondicionadores de suelos, tanto para prevenir y minimizar daños a la salud, a la sanidad agropecuaria y al ambiente bajo las condiciones autorizadas, como para facilitar el comercio internacional.

Adicionalmente, la norma NTC 5167 de 2011 aplicable al presente proyecto, “*Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abono o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo*”, establece los requisitos que deben cumplir los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y como enmiendas o acondicionadores de suelo. En las exigencias específicas de la norma NTC, se hace referencia a los requisitos fisicoquímicos para los acondicionadores orgánicos no húmicos sólidos, obtenidos en este caso de plantas de tratamiento de aguas residuales agroindustriales y domiciliarias.

INGENIERÍA DEL PROYECTO

La materia prima principal se da de los biosólidos de la PTAR El Salitre, los cuales tienen ciertas características fisicoquímicas y microbiológicas que evidencian la necesidad de aplicarles un tratamiento para que dichos valores cumplan los requerimientos necesarios establecidos por las normas. Para ello, el tratamiento que mejor responde a las necesidades que aquí se definen, es la desinfección alcalino y térmica (adición de cal al biosólido) teniendo en cuenta una dosis de cal en relación: KgCaO / Kg de lodo en base seca, es decir, una dosis de 25% CaO por kg de biosólido, siendo suficiente para el cumplimiento del nivel de pH (que se debe mantener sobre 12), junto con una temperatura de 52°C por 12h (Araque, 2006).

El proceso de aprovechamiento inicia desde:

- Generación de los biosólidos en la PTAR, los cuales se transportarán en un vehículo carpado evitando cualquier tipo de derrames, malos olores y humedad adicional por lluvias (González Luque & Díaz Romero, 2015),
- Recepción y descargue de los biosólidos en el predio destinado para la gestión de este.
- Teniendo en cuenta el tratamiento seleccionado, se hace uso de un dosificador para incorporar la cal al lodo según la proporción recomendada.
- En la mezcladora se incorpora el biosólido que llegó de la PTAR El Salitre, y la dosis de cal seleccionada.
- El biosólido tratado va saliendo de la mezcladora, por medio de una banda transportadora
- Es llevado por retroexcavadora a una zona de secado, la cual está en una estructura cubierta (para controlar la humedad y temperatura del biosólido por posibles lluvias).
- En dicha área tipo galpón, la retroexcavadora acomoda el biosólido por pilas entre 1 a 1.5 mt de altura, realizando volteos, permitiendo obtener así condiciones necesarias de temperatura y humedad.
- En el galpón demoran menos tiempo en llegar a la humedad deseada, evitando alteración del proceso debido a las precipitaciones que se puedan presentar. (Fuentes Cornejo, 2016).

- Una vez se logren las condiciones de humedad y temperatura deseadas, el biosólido es tamizado (o cribado) para obtener un material fino y homogéneo.
- El biosólido es pesado y empacado en lonas, para luego coser las mismas y obtener el producto terminado.
- Los bultos se destinan en un área de almacenamiento fresca y seca, para la disponibilidad de entrega al cliente.

En cuanto a la generación de las cantidades, teniendo en cuenta el estudio del mercado, la producción del biosólido es:

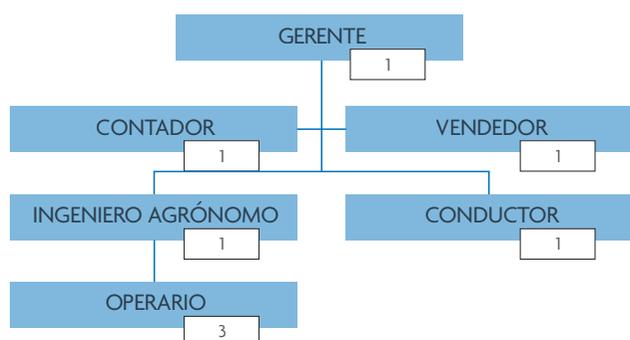
Tabla 1. Producción a partir de biosólido tratado

| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | |
|---|----------|------------------|
| Biosólido entregado por la PTAR Salitre mensual | 220 | ton biosólido |
| Cal necesaria por cada kg de biosólido | 0,25 | kg Cal |
| Cal total para los kg de biosólidos mensuales | 55.000 | kg Cal |
| Bultos mensuales de biosólido estabilizado | 275.000 | kg lodo + kg cal |
| Producto final mensual | 5.500 | bultos |
| Bultos anuales de biosólido estabilizado | 66.000 | bultos |

Estudio Administrativo

Para llevar a cabo el proyecto, es importante estructurar una organización estratégica, enfocada en un proceso de dirección, proceso misional y proceso de apoyo, que contempla un equipo de trabajo conformado por el personal preciso para llevar a cabo las labores de gestión, es así como dicho personal atiende una estructura sencilla pero que cubre todas las necesidades requeridas.

Gráfica 1. Estructura Administrativa Básica



Fuente: Los autores

Para el desarrollo de la organización, se tienen en cuenta los factores de la matriz DOFA:

- **DEBILIDADES:** Transporte entre veredas, Excedente de oferta del biosólido.
- **FORTALEZAS:** Precio asequible al público, Ingresos por ventas y servicios, Es un proyecto de economía circular.
- **AMENAZAS:** La CAR no adopte el proyecto a su misión, No contar con la materia prima principal proveniente de la EAAB.
- **OPORTUNIDADES:** Fomentar el uso de acondicionadores de suelo basados en biosólidos, Ampliar la comercialización del acondicionador con otros municipios.

Estudio Económico – Financiero

Se establece el cálculo de los costos en los que se incurre para la puesta en marcha del proyecto proyectado a 5 años, determinando:

- **COSTOS DIRECTOS:** gastos legales, gastos equipos técnicos y gastos recurso humano.
- **COSTOS INDIRECTOS:** gastos locativos, gastos de funcionamiento y gastos de mercado.

La proyección de ingresos tiene dos aspectos importantes: el principal es la venta del producto final del biosólido tratado y estabilizado, para lo cual se divide la cantidad de bultos anuales a generar, en los costos totales anuales, luego se multiplica por un margen de ganancia que para el presente caso es del 5%. El valor por unidad al consumidor, dividido en los 50 kg que contiene cada bulto, evidencia que el precio por kg está dentro de la mayor frecuencia de valor por kg entre 21 acondicionadores del mercado.

El segundo aspecto de los ingresos, parte del cobro a la EAAB por servicio de “disposición” del biosólido, para lo cual se tomó como guía el documento de la CRA y MINVIENDA sobre el trabajo del proyecto particular de la EAA municipal de Funza, que realiza un análisis de costos basado en los conceptos exclusivos de operación y mantenimientos dentro de los cuales incluye “Costo de transporte y disposición final de lodos” calculando el porcentaje de dicho concepto sobre el 100% de total del componente, que para el caso del presente proyecto se refiere al 43.1%, que se calcula sobre el costo total anual.

Para llevar a cabo el proyecto, se estima una inversión inicial de \$415.000.000, contar con un capital existente de \$285.000.000 y tener un préstamo por \$130.000.000, para el cual se utiliza una tasa de interés bancaria para del 18% que determina el rubro de Intereses y Amortización, cancelando en cuotas anuales un valor de \$48.326.027 durante cuatro años.

Una vez elaborado el flujo de caja, en un escenario realista, a partir de los de valor de precio del producto de \$11.127 y costo por servicio del 43.1%, el VPN es de 102.800.575 y la TIR de 30.5%, generando una rentabilidad superior al 18% (TIO).

Por otra parte, si bien el punto de equilibrio se refiere a los ingresos necesarios para cubrir el monto total de gastos fijos y variables durante un período de tiempo específico, para el presente proyecto dicho punto se estará presente para 2.093 unidades y equivaldría a \$23.286.989.

Finalmente, la relación costo/beneficio indica si el valor de los ingresos es mayor a los costos del proyecto (egresos), que el caso del presente proyecto, por cada unidad monetaria invertida se tendrá un retorno de 1,16.

CONCLUSIONES

- Es de vital importancia capturar la total atención de la CAR, evidenciando los beneficios, no solo por precio, sino por la calidad del producto, y siendo que el proyecto Checua es de enfoque ambiental, contar con este producto de economía circular sería un aporte positivo.
- Es indispensable la aplicación y el cumplimiento legal, teniendo en cuenta que el proyecto identifica los factores aplicables tanto de normatividad ambiental como de calidad que influyen en la prestación del servicio y es imprescindible, de manera que no se incurra en incumplimientos técnicos y legales.
- El uso de biosólido como acondicionador de suelo es técnicamente viable, siempre y cuando se pueden garantizar el recurso humano y técnico que permitan ejecutar la propuesta por la metodología de estabilidad alcalina y todo el proceso.

- El recurso humano a nivel profesional, técnico y operativo como se determina (en número de personas y sus respectivas obligaciones), está en la capacidad de llevar a cabo la gestión, tratamiento y producción del acondicionador de suelos.
- Es clave promover estrategias necesarias para contar tanto con el único proveedor (EAAB) como, con el “único” cliente (siendo que la CAR maneja varios agricultores pero es quien lidera el proyecto), teniendo en cuenta que con ambos ingresos (producto y servicio).

DISCUSIÓN

- Es importante realizar seguimiento continuo y actualizado a las normas, programas o actividades gubernamentales en torno a la economía circular, ya que, al ser principal atractivo del proyecto, podría aplicar a beneficios o incentivos económicos y financieros por progreso de la bioeconomía y negocios verdes para el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad.
- A pesar de estar planteado para el proyecto de la CAR, se recomienda tener presente este proyecto y los parámetros aquí establecidos como una base o guía para realizar un estudio estadístico riguroso, y llegar a otros posibles clientes.
- Durante el desarrollo del proyecto, en una consulta informal a la CAR, puntualmente al área encargada del proyecto Checua, se realizó una pregunta acerca de los biosólidos y sus beneficios, pero lo que se evidencio fue la falta de conocimiento sobre el tema (teniendo en cuenta la magnitud de la entidad), lo cual abre una brecha sobre el desaprovechamiento potencial del producto, evidenciando que es necesario que este tema se divulgue más, y se apoye más los emprendimientos en torno a él.

REFERENCIAS

- Alcaldía Calera. (2021). *Información del Municipio*. Obtenido de La Calera - Cundinamarca. : <https://www.lacalera-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
- Araque, M. d. (2006). Evaluación de los tratamientos térmico y alcalino en la desinfección del lodo generado en la PTAR el Salitre. *Universidad de los Andes - Tesis para maestría*. Bogotá.
- EAAB. (s.f.). *Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAAB*. Obtenido de <https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/>

Home/acueducto-y-alcantarillado/la%20infraestructura%20de%20alcantarillado/saneamiento%20rio%20bogota/!ut/p/zl/jZFFT4MwFMU_iw99IN6VsdA3INuliWPgcFtfTieVNUJLSpHs2lv_PEyH6E36cG_O-d2T-W0zxFlPJXkXjFCSVbbfUe_RSyOY-EC

- Fuentes Cornejo, M. (2016). Estudio de la operación de invernadero en proceso de biosecado de lodos para mitigación de olores. Santiago de Chile, Chile.
- González Luque, G. A., & Díaz Romero, A. H. (Diciembre de 2015). Analisis 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. *Proyecto de grado para optar al título de Especialista en Gerencia Ambiental - Universidad Libre*. Bogotá D. C., Colombia.
- Grupo SACSÁ. (2015). *Importancia de los nitratos y fosfatos en las plantas*. Obtenido de <https://www.gruposacsa.com.mx/importancia-de-los-nitratos-y-fosfatos-en-las-plantas/>
- Rojas Remis, R., & Mendoza Espinosa, L. (Julio de 2012). Utilización de biosólidos para la recuperación energética en México. *Producción + Limpia*, 74-94.
- Sawyer, H., & Koei, N. (Julio de 2011). Producto Final – Anexo No. 20 CAR - Alternativas para el Manejo y Disposición de Biosólidos de la PTAR Salitre. Alternativas para el manejo y disposición de biosólidos. Bogotá, Colombia.