

Plan piloto para la transformación y comercialización de abono orgánico derivado de los residuos generados en la zona urbana del municipio de Ubalá Cundinamarca

Autor 1: Brayán Aguilera Romero
Autor 2: Jessica Solano Sepúlveda

Facultad de Ingeniería Industrial, Bogotá, Colombia

Resumen—El presente artículo se ubica en el desarrollo de un plan piloto, con el objetivo de controlar y gestionar los desechos sólidos generados por los habitantes del municipio Ubalá Cundinamarca, utilizando los desechos orgánicos, como materia prima para la fabricación de abono orgánico mediante un proceso denominado compostaje, para luego, poder comercializarlo. Tal fin se soporta teóricamente en el desarrollo de los objetivos específicos, la cual, se encuentra en su orden un diagnóstico y caracterización donde se identifica la situación actual respecto al manejo de los residuos que salen del municipio, así mismo, un estudio de mercado con el objetivo de determinar la viabilidad de lanzar este producto al mercado, también, se realiza el procedimiento para la transformación de los desechos en abono, donde se evidencia, controles y monitoreos que ocurren en el proceso y las herramientas necesarias para el desarrollo del proceso de compostaje, del mismo modo, se evidencia un estudio financiero con el fin de, evaluar el estudio y relacionar la viabilidad del mismo, por último, se identifica un estudio legal – ambiental, que permite conocer los impactos ambientales y legales, en el momento de poner en marcha el presente proyecto.

Palabras clave— Abono orgánico, Compostaje, Proceso, Procedimiento.

Abstract— This article is located in the development of a pilot plan, with the objective of controlling and managing the solid waste generated by the inhabitants of the Ubalá Cundinamarca municipality, using organic waste as raw material for the manufacture of organic fertilizer through a process called composting, to later be able to market it. This purpose is supported theoretically in the development of the specific objectives, which, in its order, is a diagnosis and characterization where the current situation regarding the management of waste that leaves the municipality is identified, likewise, a market study with In order to determine the feasibility of launching this product on the market, the procedure for the transformation of waste into fertilizer is also carried out, where the controls and monitoring that occur in the process and the necessary tools for the development of the process are evidenced. composting, in the same way, a financial study is evidenced in order to evaluate the study and relate its viability, finally, a legal - environmental study is identified, which allows to know

the environmental and legal impacts, at the moment to launch this project.

Key Word — Organic fertilizer, Composting, Process, Procedure.

1. INTRODUCCIÓN

Ante la crisis medio ambiental y contaminación de recursos naturales que deriva de los residuos sólidos y orgánicos en el municipio de Ubalá Cundinamarca, surge la necesidad de desarrollar estrategias y métodos con el fin de fomentar la educación ambiental y la responsabilidad social que trae consigo, el manejo adecuado de la materia orgánica.

Es por ello que el plan piloto para la transformación y comercialización de abono orgánico en el municipio Ubalá Cundinamarca busca lograr alternativas sostenibles y económicas que permitan el desarrollo de una economía circular, así entonces, ¿Cómo se puede aprovechar los desechos orgánicos que se generan en la comunidad de Ubalá, con el fin de disminuir la contaminación y lograr un desarrollo sostenible?

El plan piloto aplicara un proceso de aprovechamiento de residuos orgánicos llamado compostaje, el mismo que permite la descomposición natural de los desechos para convertirlos, posteriormente, en abono orgánico natural, con beneficios necesarios para la conservación de los suelos, así mismo, lograr obtener un producto final, el cual sería comercializado en el mercado.

2. METODOLOGIA

Para la presente investigación se utilizó un enfoque mixto, necesario para la llevar a cabo los parámetro cuantitativos y cualitativos, ya qué, se propone evaluar e interpretar la información obtenida a través de recursos como encuestas, registros, entre otros, con el objetivo de indagar en profundidad sobre el tema; adicionalmente, cualitativa porque se explica cada uno de los aspectos relacionados con el compostaje y sus factores.

Para la recolección de datos se tuvieron en cuenta, mecanismos de investigación tales como: revisión bibliográfica, la cual, permitió conocer el diagnóstico actual de la gestión de residuos sólidos en el municipio, así mismo, se logró identificar las características de los residuos y su composición.

Otro mecanismo utilizado fueron las encuestas, estas, fueron aplicadas a los habitantes de Ubalá Cundinamarca en dos ocasiones; inicialmente para la recolección de información respecto al conocimiento en materia de capacitaciones, disposición final y aprovechamiento de los desechos orgánicos, en segunda ocasión, se aplicaron para el desarrollo del estudio de mercado aplicadas a un segmento de personas relacionados a la agricultura con el fin de obtener las características y preferencias de compra de fertilizantes y abono.

Para el análisis de datos se tabulo en hoja de cálculo Excel, posteriormente, para analizar el grafico de forma descriptiva y estadística del mismo, que sirvió en la investigación para la toma de decisiones.

3. RESULTADOS

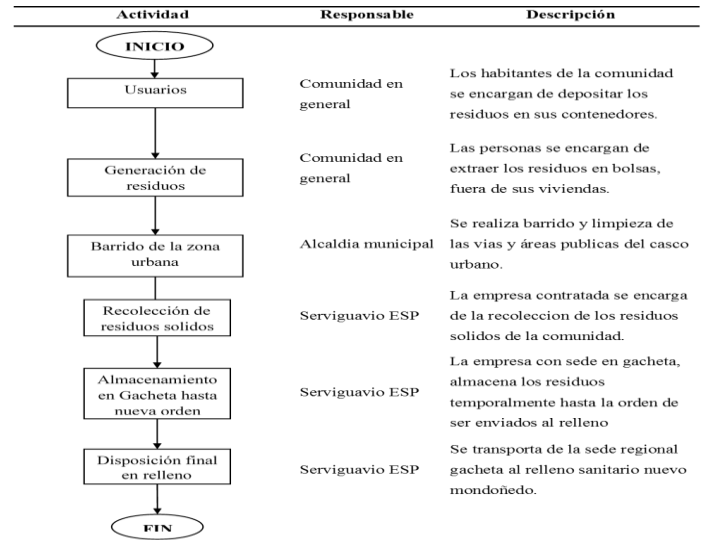
A continuación, se presenta el desarrollo de los objetivos específicos propuestos para el estudio.

Fase 1. Diagnóstico y caracterización

Realizar diagnóstico sobre el manejo actual de los residuos sólidos que a su vez permitan la caracterización de los desechos generados por la zona urbana de Ubalá Cundinamarca.

El manejo actual de los residuos sólidos del municipio de Ubalá Cundinamarca es realizado por la alcaldía municipal, en colaboración con la empresa recolectora Serviguavio E.S.P que se encargan del proceso de recolección y transporte de los residuos sólidos generados en la zona urbana. En la “Figura 1” se presenta los procedimientos generales del manejo actual de los residuos en el municipio

FIGURA 1
Manejo actual de los residuos sólidos en Ubalá Cundinamarca



Fuente. Proceso de recolección y trasporte que utiliza la empresa Serviguavio E.S.P (Administración Pública Cooperativa De Servicios Públicos Integrales Del Guavio), para el manejo de los residuos sólidos en el municipio Ubalá Cundinamarca.

Caracterización de los residuos solidos

Para el desarrollo y cumplimiento del objetivo, es imperativo realizar la caracterización de residuos sólidos que actualmente son generados en el municipio de Ubalá, esta, es realizada de acuerdo a sus propiedades o tipo de material. El siguiente listado pertenece a los principales residuos que se generan al interior del municipio.

TABLA 1
Lista de residuos sólidos generados en el municipio Ubalá

Aprovechable	No Aprovechable
Papel y cartón	Metales
Textil	Vidrios
Madera y follaje	Sanitarios
Restos de alimentos orgánicos	Plásticos, caucho y cuero

Fuente. información suministrada por la oficina de gestión ambiental del municipio de Ubalá (PGIRS) del municipio.

Fase 2. Estudio de mercado

Este estudio permitió la identificación de oportunidades de comercialización del producto, mediante aspectos como; Estudio sectorial con el fin de determinar cómo se encuentra en la actualidad; y posteriormente analizar la demanda y la oferta.

Mediante la clasificación industrial internacional uniforme CIIU la actividad económica, que pertenece a la fabricación de abono orgánico, es la sección 2012 (Fabricación de sustancias químicas básicas, abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados, plásticos y caucho sintético en formas primarias), por medio de esta, se logró establecer el indicador de balanza comercial para esta sección económica en el que indica lo siguiente “Ver Tabla 2”.

TABLA 2
Balanza comercial

Balanza comercial Relativa por sectores 2016 - 2020					
CIIU	2016	2017	2018	2019	2020
Rev.4	-53.9%	-54.4%	-54.3%	-55.5%	-55.5%

Fuente. Extraído de: (Departamento Nacional de Planeación, 2021)

Para los años 2016 – 2020; Colombia presenta valores a (-1); de manera análoga, es un país con mayor importación que exportación, dado a estos valores negativos en el indicativo, se expresa como un déficit en el total del comercio y a su vez una desventaja productiva y competitiva en los intercambios comerciales de este producto en relación a otros países.

“Tras los efectos negativos de la guerra entre Rusia y Ucrania, las empresas colombianas aceleraron las importaciones de fertilizantes para atender la demanda interna, confirmó el presidente de la compañía Nitrofert, Andrés Piñero”. (Caracol Radio, 2022) Lo que podría dar como resultado la oportunidad de ingresar al mercado, teniendo en cuenta que, ha incrementado los precios del fertilizante debido a las importaciones.

Demanda efectiva

Para cuantificar la demanda, se utiliza información tomada de la encuesta realizada respecto a la Pregunta: ¿Estaría dispuesto/a en reemplazar el abono orgánico tradicional (químico) por uno 100% natural (orgánico)? con el objetivo de mejorar la productividad en sus cultivos. “ver Tabla 3”

TABLA 3
Demanda efectiva

Parámetros	Variables
N° Habitantes	11.525
n	97
Si	95%
No	5%
F	1 mes
P	\$43.000

Fuente. Elaboración propia en base a la información de la encuesta.

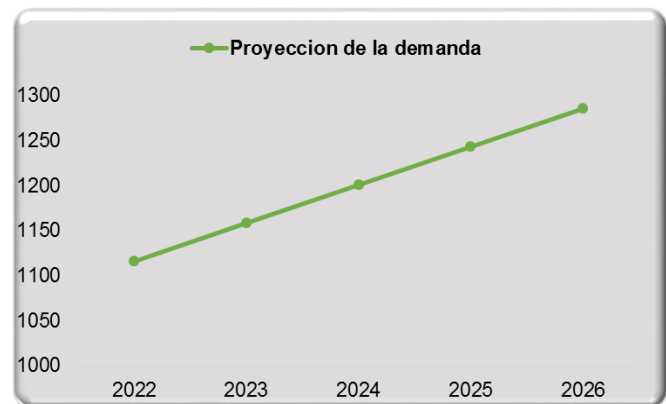
$$DEF = 97 * 0,95 * 35000 * 0,1 = 4.754.940 \text{ Año}$$

Con la información presentada en la “Tabla 3” se define la demanda efectiva, utilizando las variables tomadas por la encuesta realizada y así se obtiene la demanda efectiva de \$4.754.940 al año, sin embargo, es importante añadir que la cantidad de encuestados es el 0,5% de la población encuestada que estaría dispuesta a comprar el producto.

Proyección de la demanda

Como se observa en la “Figura 2” para el año 1 se obtuvo un total de 1116 personas y para las proyecciones de los siguientes años se toma en cuenta la tasa de 3,8% del crecimiento de la industria agropecuaria en Colombia según el Dane 2021. (Min agricultura, 2022).

FIGURA 2
Proyección de la demanda



Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo con el cálculo de la proyección de la demanda, en el cual se tomó la tasa de crecimiento de la industria agropecuaria según el DANE 2021, se obtiene una demanda de 1164 personas para el año 2021 donde se podría obtener el producto y 1286 personas para el año 2025, donde se observa un crecimiento para los últimos cinco años.

Oferta

Con este estudio se identificará la oferta a través de los principales competidores de empresas dedicadas a la producción y comercialización de fertilizantes orgánicos y químicos., en la "Tabla 4" se mencionan algunas empresas con el mayor porcentaje en ventas en Colombia.

TABLA 4
%Participación del mercado en Colombia

<i>Empresa</i>	<i>% Participación del mercado en Colombia</i>
Monómeros Colombo Venezolanos S. A	37%
Abonos Colombianos S.A – ABOCOL	20%
Eco fértil S. A	15%
Yara Colombia Ltda.	13%
Nutrición de Plantas S. A	5%
C.I. De Azucares y Mielles S.A. – CIAMSA	4%

Fuente. Información extraída de (Abonamos, 2020)

Se observo que la mayor empresa comercializadora de fertilizante en Colombia es Monómeros Colombo Venezolanos S. A y Abonos Colombianos S.A – ABOCOL el cual representan más del 50% en el mercado. Así mismo, en relación al precio; el fertilizante orgánico sólido, esta comercializado entre **\$35.000** y **\$50.000**, el mismo, varía según la presentación y el origen de insumo; debido a la, poca tecnificación del proceso no se puede suministrar información más concreta.

Fase 3. Estudio técnico

El objetivo de este estudio técnico consistió en determinar una metodología detallada para el proceso de transformación de residuos orgánicos en abono natural, mediante las técnicas del "compostaje ". En síntesis, este estudio técnico, busca identificar todos los elementos básicos del producto y/o proceso que se desea implementar; con el fin de mostrar todos los requerimientos necesarios para llevar a cabo, el proceso de compostaje.

Procesos de transformación de los residuos orgánicos, para la elaboración del abono orgánico

El proceso que se empleará, se denomina compostaje, el cual consiste en la transformación biológica de residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola, mediante la descomposición aeróbica en condiciones controladas de humedad y temperatura. (Earthgreen, 2016).

Capacidad instalada

Dentro planta de tratamiento se tiene destinado una zona de 28 m de largo por 10 de ancho para un área total de 280 m², para el tratamiento de las pilas de material orgánico. De acuerdo con el sistema de compostaje mencionado anteriormente, una pila de residuos orgánicos tiene una dimensión de 1.5 m de ancho, 1,5 m de alto y 8 m de largo para una capacidad total de 18 m³, y teniendo en cuenta el área disponible, puede ubicarse 11 pilas en total para realizar el tratamiento.

$$\text{Capacidad de cada pila} = 245 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 18 \text{ m}^3 = 4.410 \text{ Kg por cada pila}$$

$$\text{Capacidad instalada para las 11 pilas} = 4.410 \text{ Kg} * 11 = 48.510 \text{ kg o } 48,5 \text{ toneladas}$$

Producción mensual de residuos orgánicos y abono

De acuerdo con la información recopilada en la fase de diagnóstico y caracterización, el municipio de Ubalá produce 45 toneladas de residuos sólidos, de los cuales se estima que ingresen a la planta de compostaje 20,7 toneladas de residuos orgánicos, De acuerdo con la experiencia de la ingeniera ambiental Jazmín González el 10% de cada pila formada puede considerarse como merma o desperdicio, el cual puede ser usado en los siguientes procesos para el control de humedad y temperatura.

Proyección de residuos orgánicos recolectados:

$$\text{Residuos organicos mes} = \text{núm. habitantes} * (\text{indice per capita} * 50\%) * 30 \text{ dias}$$

$$RSO = \frac{1500 * 0,46 * 30}{1000} = 20,7 \text{ toneladas}$$

Estimación de pilas por mes

$$\text{Número de pilas mes} = \frac{20.700 \text{ kg}}{4.410 \text{ Kg}} = 4,76 \text{ pilas}$$

Estimación de abono y bultos de 30 kg por mes

$$\text{Total abono mes (90\%)} = 20.700 * 90\% = 18.630$$

$$\text{Total bultos mes (30 kg)} = \frac{18.630 \text{ kg}}{30 \text{ kg}} = 621 \text{ bultos mes}$$

Costo total del primer año.

En la "Tabla 5" se presenta un resumen de los costos de inversión y operación para el año 1, que debe tener en cuenta, la empresa DYG Ingeniería y Medio ambiente S.A.S para implementar una planta de compostaje en el municipio de Ubalá Cundinamarca.

TABLA 5
Costo total para el 1 año

Total costos para el año 1	
Inversión	
Costo de obra civil de instalaciones	\$ 35.098.400,00
Maquinaria y equipo	\$ 15.769.800,00
Equipo de Oficina	\$ 3.240.000,00
Total, inversión	\$ 54.108.200,00
Costos operacionales	
Costos directos	
Cal viva	\$ 31.185.000,00
Mano Obra Directa	\$ 59.820.312,00
CIF	
Gastos de administración	\$ 72.789.984,00
Insumos	\$ 11.030.191,20
Elementos de protección personal	\$ 2.227.500,00
Servicios públicos, certificación,	\$ 28.930.000,00
Total, costos operacionales	\$ 205.982.987,20
Total, costos año 1	\$ 260.091.187,20

Fuente. Elaboración propia.

Para la transformación y producción de 20,7 toneladas durante cada mes de residuos orgánicos, y un total de 248 toneladas para el primer año se requiere de un capital de aproximadamente \$ 260.091.187,2 COP, para la operación de la planta de compostaje.

Fase 4. Estudio financiero

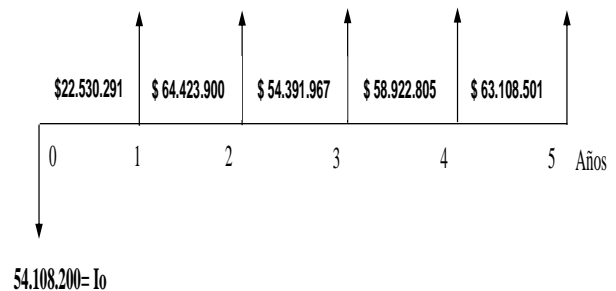
Para presente estudio financiero, se determino si existe viabilidad financiera en construir una planta de transformación de residuos orgánicos en abono para el municipio de Ubalá Cundinamarca; analizando el tiempo de recuperación de la inversión y el margen de utilidad con ayuda del valor presente neto, TIR y el costo-beneficio.

Flujo de Caja

Permite observar de una manera clara, sencilla y resumida los costos e ingresos proyectados para cada año, en este se consideran los costos determinados en el periodo 1 y se proyecta para los siguientes años de acuerdo a la inflación y el crecimiento del producto interno bruto (PIB), para visualizar la utilidad del ejercicio para cada periodo.

Dentro del flujo de caja se puede identificar el flujo de egresos iniciales correspondiente a la inversión, es decir, construcción y adecuación de las instalaciones, maquinaria, herramientas, inmuebles, etc. Se presenta, además, el flujo de los ingresos y egresos operacionales, relacionados con el flujo de caja operativo que incluye depreciaciones e impuestos, como se observa en la “Figura 4” en un diagrama de flujo de caja, identificando en el punto 0 la inversión inicial, seguido de la ganancia operacional proyectada para los futuros 5 años.

FIGURA 4
Diagrama de flujo de Caja



Fuente. Elaboración propia.

En la “Tabla 5” se puede observar los criterios de decisión que se tuvieron en cuenta, en el estudio financiero con el fin de evaluar el proyecto de estudio.

TABLA 6
Criterios de decisión

Criterios de Decisión	
Tasa mínima de rendimiento a la que aspira el emprendedor	20%
TIR (Tasa Interna de Retorno)	75,10%
VAN (Valor actual neto)	\$ 94.660.290
PRI (Periodo de recuperación de la inversión años)	1,14
Costo beneficio	1,76

Fuente. Elaboración propia de acuerdo a la información del formato completo del flujo de caja.

Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno se considera como la rentabilidad que tiene una inversión o el porcentaje de crecimiento con respecto a cierta inversión inicial, mientras más alto sea este valor, mayor será la utilidad en la “Tabla 6” se estima una tasa interna de retorno de 74,1%, es decir que, el porcentaje de rentabilidad esta más de 3 veces del valor esperado de la rentabilidad (20%), queriendo decir que el proyecto es muy viable porque el resultado de la TIR se encuentra por encima de cero y por encima de la rentabilidad esperada.

Valor presente neto (VPN)

De acuerdo con el resultado de las proyecciones en el flujo de caja para los primeros 5 años, se compara y trae el flujo de efectivo al valor presente para determinar la viabilidad o rendimiento que puede traer la inversión analizando a lo que hoy equivale los flujos de efectivo. La rentabilidad esperada a la cual se ajustó el cálculo, se encuentra en 20% que se puede definir también como el costo o tasa de oportunidad de invertir en el proyecto, para este caso del VPN es equivalente a \$94.258.554 COP.

Costo beneficio

Para finalizar se determina el índice de costo – beneficio de la inversión, para medir la relación que existe entre estas dos variables, en cuanto el costo de producir y el beneficio de las ventas; en este indicador se obtiene un valor de 1,76 que indica que el proyecto puede considerarse rentable desde el punto de vista financiero.

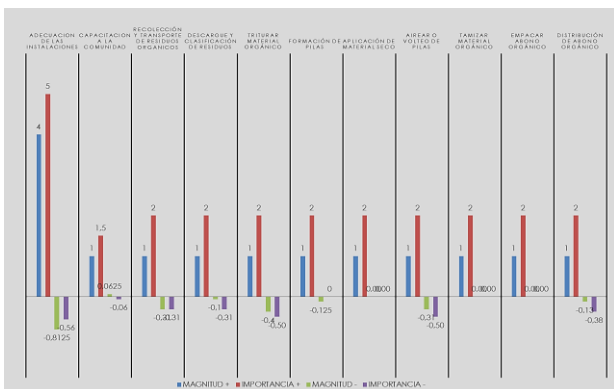
Fase 5. Evaluación de impactos ambientales y legales

La transformación de los residuos orgánicos en abono es realizada bajo procesos de tratamiento en una planta productiva, por ello, es necesario realizar un estudio ambiental que permita conocer los impactos ambientales que puede llegar a generar el desarrollo de las actividades mencionadas en el estudio técnico. Para conocer los efectos que tiene la planta de tratamiento sobre el medio ambiente.

Esta evaluación se realizó mediante la Matriz de Leopold diligenciada por la ingeniera ambiental Jazmín González de la empresa DYG ingeniería y medio ambiente SAS. En “Figura 5” se observa los resultados de las matrices.

FIGURA 5

Promedio magnitud e importancia de los procesos productivos de la empresa DYG



Fuente. Gráfico obtenido mediante la información de la matriz de Leopold.

La matriz de Leopold es calificada de acuerdo con la matriz, que significa la alteración provocada sobre el

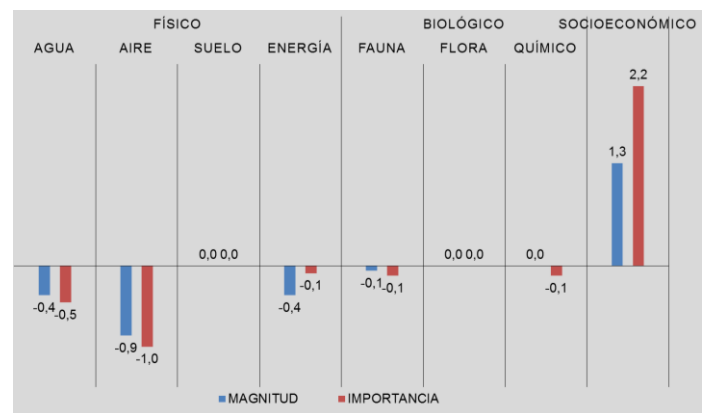
medio ambiente y la importancia, que es el peso de los factores ambientales dentro de los procesos; el signo de la calificación puede ser positivo o negativo según sea el caso. (Nueva ISO 14001:2015, 2021). Para el desarrollo de la matriz en el proceso de transformación se establece los valores de 1 a 10 para calificar la relación de cada factor.

En la “Figura 5” se presenta el promedio de la calificación de los principales procesos de la planta de tratamiento con respecto a los factores ambientales, aquellos valores que se encuentran en 0 significan que el proceso no tuvo impactos en alguno de los componentes ambientales.

Para conocer exactamente en qué factores ambientales o sociales está afectando en mayor grado, se grafica de manera horizontal los resultados de matriz. “Ver Figura 6”.

FIGURA 6

Promedio magnitud e importancia del factor ambiental y socioeconómico



Fuente. Gráfico obtenido mediante la información de la matriz de Leopold.

La implementación de la planta de compostaje genera impactos positivos únicamente en el sector socioeconómico porque contribuirá en la generación de empleo a los habitantes del municipio de Ubalá, más sin embargo produce impactos negativos en los factores ambientales físicos (agua, aire y energía) y biológicos (fauna y químico).

4. CONCLUSIONES

Dada la poca información del PGIRS de Ubalá, no fue posible determinar la caracterización de los residuos sólidos, sin embargo, se logró promediar la generación de residuos orgánicos por parte de los habitantes del casco Urbano teniendo en cuenta la factura de cobro del relleno sanitario Nuevo Mondoñedo, encontrando una generación de aproximadamente 42 toneladas de residuos sólidos, de los cuales el 50% pertenece a material apto para compostar.

A través de las 97 encuestas aplicadas a la población de Ubalá Cundinamarca, se logra evidenciar un interés del 93% los agricultores por cambiar el abono tradicional (químico) por abono orgánico derivado del material orgánico o desechos de la misma comunidad, adicional, el 81% se encuentra dispuesto a pagar más \$35.000 COP por una bolsa de 30 kg, el cual es un indicador favorable teniendo en cuenta que se estimó un precio de venta al mercado de \$43.000 COP para los mismos 30 kg.

En estudio de mercado elaborado para el presente proyecto, se identificó que la principal competencia para el abono orgánico “Compost”, es el abono químico, que representa un 73,18% de las importaciones desde Rusia, Estados Unidos y México, este tipo de abono termina siendo más costoso debido los fletes y gastos de nacionalización, lo cual favorece de manera importante en la puesta en marcha de este proyecto y para la economía circular.

El método de trabajo que se planea implementar en la empresa DYG Ingeniería y Medio Ambiente SAS consiste en la descomposición natural de residuos orgánicos, el cual no requiere de herramientas o actividades tecnificadas, por tanto, no necesita de una gran inversión para la compra, adecuación de instalaciones, maquinaria, equipo y herramientas, los cuales representan una inversión para obra civil de \$54.108.200 COP; adicional no se requiere de personal con alto grado de nivel educativo, dado que el trabajo es metódico y manual.

Mediante la implementación de la planta de compostaje se estima 248 toneladas cada año para la transformación de residuos orgánicos en abono, lo que reduce en aproximadamente 90% los desechos orgánicos que son dispuestos en el relleno sanitario “Nuevo Mondoñedo” por parte de los habitantes del municipio de Ubalá Cundinamarca.

De acuerdo con el estudio financiero realizando, se requiere una inversión inicial de \$80.000.000 COP para la obra civil, es decir; \$54.108.200 COP y el capital restante será empleado para la operación de los primeros 3 meses, teniendo en cuenta que es el tiempo que tarda en producir el primer lote de abono orgánico para la venta.

REFERENCIAS

Abonamos . (21 de Abril de 2020). *Departamento técnico Abonamos-Sobiotech* . Obtenido de <https://www.abonamos.com>

Banco Mundial. (Marzo de 2019). *Banco Mundial*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/home>

Caracol Radio . (2022). *Economía* . Obtenido de <https://caracol.com.co>

Departamento Nacional de Planeacion . (2021). Obtenido de <https://www.dnp.gov.co>

Earthgreen. (2016). *Earthgreen*. Obtenido de <https://www.earthgreen.com.co/>

Minagricultura. (2022). *Sector agropecuario*. Obtenido de <https://www.minagricultura.gov.co>

Nueva ISO 14001:2015. (12 de Julio de 2021). *Nueva ISO 14001:2015*. Obtenido de <https://www.nueva-iso-14001.com/>