



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**PACAS BIODIGESTORAS ATARDECERES VID
COMO APOORTE A LA ECONOMÍA CIRCULAR**

Ana Isabel Díaz Arteaga

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental
Medellín, Colombia
2020



Pacas biodigestoras Atardeceres VID como aporte a la economía circular

Ana Isabel Díaz Arteaga

Informe de práctica como requisito para optar al título de:
Ingeniera Ambiental.

Diego Alberto Londoño Galvis

Ingeniero Ambiental

Juan Sebastián Pérez Vallejo

Ingeniero Ambiental

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental
Medellín, Colombia
2020.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1 Resumen.....	1
2 Introducción.....	1
3 Objetivos.....	2
3.1 Objetivo General.....	2
3.2 Objetivos Específicos.....	2
4 Marco Teórico.....	2
4.1 Economía circular.....	2
4.2 Residuos Biodegradables:.....	2
4.3 Pacas Biodigestoras.....	2
5 Metodología.....	3
6 Resultados y análisis.....	6
7 Conclusiones.....	8
8 Referencias Bibliográficas.....	8

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5-1 Cálculos Número de Pacas.....	4
Tabla 6-1 Costos de tercerización y ahorro generado.....	7

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 5-1 Construcción armazón de madera.....	5
Ilustración 5-2 Disposición del molde de madera.....	5
Ilustración 5-3 Capa de material Vegetal.....	5
Ilustración 5-4 Capa de residuos de cocina.....	5
Ilustración 5-5 siguiente capa de material Vegetal.....	6
Ilustración 5-6 Prensado de los residuos.....	6
Ilustración 5-7 Prensado final.....	6
Ilustración 5-8 Paca sin desmoldar.....	6
Ilustración 6-1 Pacas Biodigestoras.....	7

PACAS BIODIGESTORAS ATARDECERES VID COMO APORTE A LA ECONOMÍA CIRCULAR

1 Resumen

Ante la generación de aproximadamente 1.250 Kg mensuales de residuos biodegradables en Atardeceres VID, los costos de gestión y el espacio disponible dentro de la obra es necesario buscar alternativas para aprovechar los recursos y optimizar procesos para mejorar el entorno de la obra en todos los sentidos posibles. Las pacas Biodigestoras son una opción acorde a las condiciones del lugar y a las cuales se le pueden sacar provecho de muchas formas, no sólo beneficios económicos, sino de recuperación de suelos, mejores nutrientes para los alimentos de la huerta y mejoramiento de la calidad de vida al incorporar técnicas que permiten el cambio de relación con el ambiente.

2 Introducción

La organización VID es el grupo que conforman las 13 obras sociales creadas por la Congregación Mariana de Medellín y administradas por la Fundación Organización VID; "Atardeceres VID" es una de estas obras, la cual es un hogar para adultos mayores y se encuentra ubicado en la vereda los Chorros entre los municipios de La Estrella e Itagüí. Con una temperatura promedio de 21°C, a 1.722 m.s.n.m y una zona de vida de Bosque Húmedo premontano (según la clasificación de Holdridge).

Actualmente en esta obra se generan aproximadamente 1.251,7 Kg de residuos biodegradables, principalmente de comida; los cuales son entregados a una empresa para su disposición final. La gestión de los residuos Biodegradables por medio de la empresa prestadora del servicio GDA(Gestión y Desarrollo Ambiental S.A.S) suponen un costo a la organización, sumado a la emisión de CO₂ (dióxido de carbono) generada en el transporte de los mismos.

Según los lineamientos de la organización VID y haciendo alusión a la "D" de Desarrollo Sostenible, es importante plantearse cómo podemos aprovechar la mayor cantidad de nuestros residuos e incorporarlos nuevamente a la cadena, ésta es la base de un nuevo tipo de economía, llamada economía circular.

Una solución que se ajusta a la visión y necesidad de la organización son las Pacas Biodigestoras Silva, la cuáles son un método de descomposición de residuos orgánicos por medio del prensado de los mismo para disminuir el O₂ (oxígeno) y propiciar la fermentación del material evitando así malos olores, moscas, roedores y otros aspectos indeseables. Simulando de esta forma los ciclos de descomposición que se dan naturalmente en los bosques.

La paca consiste en agregar y prensar intercaladamente material vegetal, como restos de poda, hojas, ramas, entre otros y todo tipo de residuos orgánicos como restos de comida, estiércol, entre otros. Entre capa y capa se prensa para asegurar la extracción de la mayor cantidad posible de O₂, generando así una descomposición realizada por microorganismos anaerobios facultativos (no requieren O₂ para crecer y obtener energía).

Este proceso de descomposición dura aproximadamente 6 meses, durante las primeras semanas las altas temperaturas de los procesos internos eliminan los agentes patógenos, pero a partir de las 6 semanas se alcanza casi una temperatura ambiente, lo cual ayuda a la interacción de microorganismos y artrópodos con la materia orgánica para una degradación limpia.

3 Objetivos.

3.1 Objetivo General

Desarrollar pacas biodigestoras en Atardeceres VID aportando en su economía circular.

3.2 Objetivos Específicos

- Consultar sobre las pacas biodigestoras como alternativa
- Construir pacas biodigestoras según las condiciones de la obra
- Realizar una huerta en las pacas

4 Marco Teórico

4.1 Economía circular

La economía circular es un concepto que surge por la necesidad de cambiar el modelo de economía lineal que se tiene en la actualidad, en cuál se basa en “extraer, producir y desperdiciar “sin tener en cuenta los límites físicos del entorno, lo cual no la hace viable a largo plazo.

La economía circular se plantea como un modelo alternativo que busca redefinir el concepto de crecimiento, enfocándolo en el beneficio para la sociedad, lo cual implica replantar el consumo de recursos finitos y eliminar los residuos aplicando sistemas regenerativos y restauradores que buscan mantener el valor, de los productos; reducir insumos de materias primas, recursos energéticos e impulsar la innovación y eficiencia empresarial, así como la competitividad y sostenibilidad.

La economía circular genera un capital económico, social y natural, usando como principios los siguientes

- Eliminar residuos y contaminantes desde el diseño.
- Mantener productos y materiales en uso.
- Regenerar sistemas naturales.

Cabe resaltar que la economía circular parte de la idea de que los sistemas naturales no generan residuos como tal y lo que un ciclo productivo ve como desecho sirve de insumo para otro proceso.

4.2 Residuos Biodegradables:

Son aquellos restos químicos o naturales que se descomponen fácilmente en el ambiente. En estos restos se encuentran los vegetales, residuos alimenticios no infectados, papel higiénico, papeles no aptos para reciclaje, jabones y detergentes biodegradables, madera y otros residuos que puedan ser transformados fácilmente en materia orgánica. [Resolución 1164 de 2002]

4.3 Pacas Biodigestoras

El método de la Paca Biodigestora o Paca Digestora Silva, tienen un iniciador e impulsor, el tecnólogo forestal Guillermo Silva, egresado de la Universidad Nacional de Colombia. Silva, quien ha socializado y entendido de manera empírica este proceso, ha logrado darle a la sociedad una alternativa para responsabilizarse de

los residuos orgánicos que genera, a la vez que participan en la construcción de ambientes saludables y sostenibles [Ossa L. 2016].

Este proceso busca simular lo generado en los bosques, donde los cadáveres y frutos son cubiertos por hojas y ramas, además son degradados por organismos descomponedores y devuelto los nutrientes al ciclo natura. La disposición de la materia orgánica en las pacas se efectúa mediante la compactación, lo que garantiza que la disponibilidad de O₂ sea mínima, mas no nula, pues alguna porción de éste queda latente entre las partículas del material. Además, la evolución de las pacas se debe dar preferiblemente en condiciones de intemperismo, como un sistema abierto y variable que interactúa con el medio, esto significa que el oxígeno del entorno también interactúa directamente con la paca, pero solo su capa exterior. [Ossa L. 2016].

El aspecto principal de esta alternativa es la degradación por fermentación, proceso por el cual se da como resultado alcoholes (como el etanol) y ácidos orgánicos (como el ácido acético, por lo cual no se genera metano ni amoniaco lo cual garantiza un manejo de olores.

Las pacas han sido sujeto de estudio en la Universidad de Antioquia, donde se determinó que los microorganismos generados por la paca (trasferidos desde el suelo) no requieren ningún tipo de ayuda para la descomposición, al igual que los artrópodos que son hallados en las pacas son principalmente hormigas y coleópteros(cucarrones) los cuales cumplen una labor de control biológico en el sistema y garantizando que no se generen vectores.

Con respecto a la humedad las pacas mantienen un rango optimo entre el 40 y 60%. En la Universidad de Antioquia fue satisfactorio el proyecto y aún se sigue implementando. Otra de las experiencias acerca de las pacas biodigestoras silva es el Colegio Conquistadores, ubicado en la ciudad de Medellín y en México

Cada una de las pacas con un tamaño ideal de 1m³ contiene 500 Kg de material compactado, con relación 1:1 Restos vegetales y residuos biodegradables (250 Kg cada uno), generando aproximadamente 150 Kg de un sustrato orgánico para suelo al final del proceso, los cuales pueden ser utilizados como abono. [Delgado,2015]

5 Metodología

Se realizó una búsqueda bibliográfica acerca de las pacas biodigestoras, su aplicación en varios lugares como Colombia y México, también los beneficios generados a niveles ambientales y económicos en el entorno. Con el apoyo del sistema de información de Reporte Diario de Generación (RDG) de la organización se obtuvieron los datos de los residuos generados por esta obra, así mismo se realizó el cálculo del número de pacas y el espacio necesario para aprovechar el 100% de los residuos. Luego de esto se realizó una visita técnica con el dónde se observó el espacio disponible para el proyecto; esta fue fundamental para realizar los cálculos de la cantidad de pacas y de residuos que se pueden reincorporar al ciclo natural en seis meses (Tabla 5-1)

luego de ello se comenzó a gestionar la obtención del material vegetal, ya que la obra no genera los 750 Kg mensuales requeridos para llevar a cabo el proyecto, la empresa entre jardines donó el material y se colocó a disposición para donaciones futuras, se cotizaron y compraron los materiales para el armazón de madera, después se construyó el mismo, el siguiente paso fue solicitar la suspensión en la

recolección de material biodegradable por tres semanas a la empresa GDA con el fin de acumular los residuos necesarios para la construcción de las pacas.

Para armar la paca se ubicó en el espacio determinado el almacén de madera, se agregó una capa de material vegetal, en el fondo y alrededor para poner los residuos biodegradables en el centro y evitar que saliera por los lados de la paca, lo siguiente fue colocar otra capa de restos de poda para prensar con un trozo de madera grueso y pisando todo el material con el fin de sacar la mayor cantidad posible de O₂; El proceso se repitió hasta completar el molde, por último se retiró el almacén de madera.

Como se muestran en las ilustraciones (figuras 5-1,5-2, 5-3,5-4,5-5,5-6,5-7y5-8)

Tabla 5-1 Cálculos Número de Pacas

Datos Generales		Unidades
Promedio mensual de residuos Biodegradables	1251,7	Kg
Promedio diario de Res Biodegradables	41,7	Kg
Cantidad de ResBiodeg necesaios en una paca	250	Kg
Número de días para obtener una paca	6	Días
Área necesaria para una paca	1	m ²
Tiempo de descomposición de una paca	180	días
Número de pacas en 6 meses (100% de los residuos)	30	pacas
Área mínima para pacas durante 6 meses	30	m ²
Área óptima con espacio de desplazamiento	60	m²
Área disponible para las pacas + desplazamiento	30	m²
espacio disponible para las pacas	20	m ³
Espacio entre pacas	0,5	m
Número de pacas en 6 meses	18	Pacas
Número de pacas en un mes	3	Pacas
Cantidad de Res biodeg para las 18 pacas	4500	Kg
Cantidad de res biodeg para las 3 pacas mensuales	750	Kg
Porcentaje de residuos mensuales para las pacas	60	%



Ilustración 5-1 Construcción armazón de madera



Ilustración 5-2 Disposición del molde de madera



Ilustración 5-3 Capa de material vegetal



Ilustración 5-4 Capa de residuos de cocina



Ilustración 5-5 siguiente capa de material Vegetal



Ilustración 5-6 Prensado de los residuos



Ilustración 5-7 Prensado final



Ilustración 5-8 Paca sin desmoldar

6 Resultados y análisis

Como resultado se tiene que las pacas no generan olores, ni vectores, lo cual significa que el proceso si se está llevando a cabo de forma anaerobia; según los cálculos realizados con base a los costos de la empresa gestora de los residuos

orgánicos(GDA),los cuales son de \$352 + IVA por kilogramo gestionado, se realizará el aprovechamiento del 60% de los residuos biodegradables de la organización, lo que se traduce en un ahorro de 269mil pesos calculados en la tabla 6-1, además de que se generó un aprovechamiento del espacio dispuesto en la obra, también otra alternativa para realizar cultivos mientras se degrada la paca eso sumado a la potencial generación de abono para la huerta ya dispuesta donde los adultos mayores realizan parte de sus actividades

Tabla 6-1 Costos de tercerización y ahorro generado

Costos GDA		Unidades
Transporte de residuos por Kg	\$312	COP
Servicio de aprovechamiento por Kg	\$40	COP
IVA	19 %	
Valor mensual promedio transporte	\$390.530,40	COP
Valor mensual promedio aprovechamiento	\$50.068,00	COP
Promedio aprovechamiento mensual + IVA	\$59.580,92	COP
Costo mensual promedio total	\$450.111,32	COP
Costos GDA Realizando las pacas		
Valor mensual promedio transporte	\$156.530,40	COP
Valor mensual promedio aprovechamiento	\$20.068,00	COP
Promedio aprovechamiento mensual + IVA	\$23.880,92	COP
Costo mensual promedio total	\$180.411,32	COP
Ahorro mensual realizando las pacas	\$269.700,00	COP



Ilustración 6-1 Pacas Biodigestoras

7 Conclusiones

Se cumplió el objetivo de aportar a la economía circular por medio del desarrollo de pacas biodigestoras según las condiciones particulares de la obra atardeceres VID, apropiando a los colaboradores con el proyecto y los beneficios que trae el proyecto y que se observarán a mediano y largo plazo también se logró el aprovechamiento tanto del espacio de los guaduales como la reincorporación de residuos al ciclo natural.

Debido a tiempo no fue posible comprobar la cantidad de abono generado por la paca ni empezar a utilizarlo para las huertas de los adultos mayores y por el momento no se ha decidido que se va a sembrar en las pacas.

Como la empresa con la que se gestiona los residuos hacer recolecciones dos veces por semana y se necesita la cantidad generada por seis días para realizar una paca, lo cual genera que se acumule 250 Kg material orgánico, se llegó a la conclusión de que es mejor realizar las pacas en dos partes; se recogen los residuos de sábado a martes (que es lapso de tiempo en el que GDA recogería) y se arma una parte de la paca, el resto se realizará el día viernes con los residuos generados en ese periodo de tiempo (de martes a viernes). Así se evita la generación de olores desagradables durante la semana.

8 Referencias Bibliográficas

- [1]. Tosi Jr, J. A. (1964). Climatic control of terrestrial ecosystems: a report on the Holdridge model. *Economic Geography*, 40(2), 173-181.
- [2]. Yeste, J. M. G. (2011). La representación gráfica del clima. Un estudio sobre ciudades andaluzas. *Revista de Claseshistoria*, (7), 4.
- [3]. Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Economía industrial*, 401, 11-20.
- [4]. Ellen Macarthur Foundation. (2017). Economía circular. [Publicación en línea]. Tomado desde internet en <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto>>. [con acceso el 07 de julio de 2020]
- [5]. Moreno, A. (2018). Economía circular: crecimiento inteligente, sostenible e integrador. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Recuperado de: <https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/954/1/Econom%C3%ADa%20Circular>.
- [6]. García, M. D. M. H. (2017). Un nuevo impulso hacia la economía circular. *bie3: Boletín IEEE*, (7), 134-146.
- [7] Colombia. Ministerio del Trabajo, Higiene y Prevision Social, & Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. (2002). *Gestion integral de residuos hospitalarios y similares en Colombia: Resolucion 1164 de 2002: manual de procedimientos*. Ministerio del Medio Ambiente.

- [8]. Ossa L. (2016). Aplicación de la tecnología de las Pacas Biodigestoras para el tratamiento ecológico de los residuos orgánicos de la Universidad de Antioquia. (publicación en línea). Tomado desde internet en <<https://drive.google.com/file/d/0BwecnWVz7HZoXzUxOUhOel9WZTQ/view>>. (Con acceso el 28 de mayo de 2020).
- [9]. Delgado, J. L. A., Córdoba, J. C., Pérez, G. S., & Arango, Y. L. (2015). Descomposición de residuos orgánicos en pacas: aspectos fisicoquímicos, biológicos, ambientales y sanitarios. *Producción+ Limpia*, 10(2).
- [10] Rivera Espinosa, R., & Ossa Carrasquilla, L. C. (2017). Experiencia didáctica con las pacas biodigestoras en entornos educativos del estado de México. *Textual: análisis del medio rural latinoamericano*, (69), 85-101.
- [11] Ardila Delgado, J. L., & Cano Córdoba, J. (2011). Técnica de descomposición de residuos forestales y heces de establo con pacas digestoras: aspectos fisicoquímicos, ambientales y sanitarios. Centro Educativo Conquistadores. Medellín
- [12] Ferrer G., J. R., Machado, J. L., & Brieva, J. (2014). Fermentación en estado sólido: Una alternativa biotecnológica para el aprovechamiento de residuos agroindustriales. *Revista Tecnocientífica URU*.
- [13] Silva P., Guillermo. Manejo limpio y sano de residuos biodegradables en pacas digestoras Silva. Una Alternativa hacia BASURA CERO en Medellín para Proteger la Salud Pública, el Ambiente y la Agricultura Ecológica. Medellín, Colombia. Marzo. 2012.