

Estudio de factibilidad para un sistema de manejo de desechos orgánicos y eliminación de gastos logísticos

Feasibility study for an organic waste management system and elimination of logistic expenses

<https://doi.org/10.15332/22563067.8831>

Ciencia

Fabián Villalobos

Fundación Universitaria San Mateo, Colombia

✉ fabianvillaalgo@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0062-4419>

Recibido: 11/09/ 2022

Aceptado: 05/11/2022

Citar como:

Villalobos, F. (2023). Estudio de factibilidad para un sistema de manejo de desechos orgánicos y eliminación de gastos logísticos. *CITAS*, 9(1). <https://doi.org/10.15332/22563067.8831>



Resumen

En el municipio de Chía, los principales generadores de contaminación de las fuentes hídricas y del suelo son los desechos sólidos generados por las empresas que trabajan en sectores como los cultivos de flores y en trabajos de paisajismo y poda. Este artículo plantea un estudio de factibilidad para la empresa SANVAL DE COLOMBIA LTDA., ubicada en la localidad de Chía, que desarrolla sus actividades en poda, jardinería y paisajismo en la misma localidad realizando un análisis de costos, análisis multicriterio por medio del método AHP y TOPSIS y análisis de variables usando la herramienta MICMAC. Con ello, se plantean estrategias de manejo de los residuos orgánicos por medio de logística inversa.

Palabras clave: residuos orgánicos, poda, paisajismo, jardinería, logística inversa, sostenibilidad ambiental, compostaje, AHP, TOPSIS, MICMAC, costos.

Abstract

In the municipality of Chía, the main sources of contamination in water and soil are solid wastes generated by companies working in sectors such as floriculture, landscaping and pruning. This article presents a feasibility study for the company SANVAL DE COLOMBIA LTDA, located in Chía, which develops its activities in pruning, gardening and landscaping in the same town. The study includes a cost analysis, a multi-criteria analysis using the AHP and TOPSIS methods and a variable analysis using the MICMAC tool. Based on these findings, organic waste management strategies through reverse logistics are proposed.

Keywords: organic waste, pruning, landscaping, gardening, reverse logistics, environmental sustainability, composting, AHP, TOPSIS, MICMAC, costs.

Introducción

En Colombia, de acuerdo con la Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (Acodal), se generan casi 31.000 toneladas diarias de residuos, pero solo se aprovecha el 20% y el resto llega a los rellenos sanitarios. Los cálculos indican que, de 11,3 millones de toneladas de basura que se producen al año en Colombia, al menos 9,6 millones se podrían aprovechar. Lo preocupante es el desperdicio del 60% de los residuos sólidos en Colombia, que son orgánicos y es convertirlos en abonos u otros tipos de subproductos.

La empresa Sanval de Colombia, ubicada en el municipio de Chía, interviene en este tipo de actividades, pues maneja tareas relacionadas con la poda de árboles, arbustos y prados, entre otras. En la ejecución de estas labores de paisajismo, se generan residuos orgánicos que no tienen una disposición final adecuada; lo anterior afecta las utilidades de la empresa, debido a que generan un sobre costo por tener que pagar para que esos desechos sean recibidos en una finca ganadera a las afueras del municipio, además de los gastos generados por el transporte y pago de operarios que intervienen en este proceso. Además, la empresa muestra un incremento en su productividad y, de forma equivalente, en sus desechos orgánicos.

Por lo anterior, es inminente evolucionar en el proceso, mediante la implementación de un sistema de manejo adecuado dentro de la organización. En este proyecto se estudia la viabilidad de proponer un método de logística inversa a la empresa Sanval de Colombia, para realizar el tratamiento adecuado de los

residuos orgánicos mediante estrategias de reutilización que impacten positivamente desde el punto de vista económico y ambiental.

Metodología

Para el estudio de factibilidad, primero se realizó un diagnóstico inicial de la empresa Sanval de Colombia por medio de una matriz de análisis DOFA. Se realizó el análisis de las variables que intervienen en el manejo de residuos orgánicos a través de la herramienta MICMAC y luego se estableció por medio de métodos multicriterio AHP y TOPSIS la mejor estrategia de manejo de residuos orgánicos, ya que el fin comercial de la empresa son las tareas de arborismo y paisajismo en conjuntos cerrados dentro del municipio de Chía y el manejo de los residuos de esta actividad genera sobrecostos y costos adicionales para poder tratarlos. Por último, se hizo un diagnóstico inicial de costos, con el fin de evaluar sobrecostos y formas para su reducción, así como una proyección de inversión de un proyecto para disminuir los costos y generar una estrategia de reutilización de los residuos orgánicos producidos en las actividades de poda y arborismo. Dicha estrategia se contempló de acuerdo con los resultados obtenidos de los métodos de evaluación multicriterio.

Resultados

Análisis DOFA

El análisis DOFA o matriz DOFA (conocido por algunos como FODA y SWOT en inglés) es una herramienta de gran utilidad para entender y tomar decisiones en toda clase de situaciones en negocios y empresas. DOFA es la sigla de debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas. Los encabezados de la matriz proveen un buen marco de referencia para revisar la estrategia, posición y dirección de una empresa, propuesta de negocios o idea (Chapman, 2004).

En la tabla 1, se evidencian los resultados obtenidos en el diagnóstico de la empresa Sanval de Colombia. Con el diagnóstico realizado se puede analizar que la empresa carece de un sistema de logística y que la necesidad latente es la creación de un plan para aprovechar los residuos sólidos obtenidos de la actividad comercial. Durante los procesos de poda, se originan un promedio de 12 m³, los cuales son trasladados a un lote donde no se tiene ningún tratamiento, lo que genera una serie de consecuencias que afectan no solo la economía de la empresa si no el medio ambiente.

Tabla 1. Matriz de diagnóstico DOFA

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
Falta maquinaria especializada para la generación del compostaje.	Protección del medio ambiente.
No hay estrategias implementadas para el manejo de desechos.	Posibilidad de certificación en norma ISO 14001.
No hay ningún proceso definido para el tratamiento o recolección de residuos.	Mejorar la productividad de la empresa.
No hay manuales o instructivos de la empresa hacia los operarios sobre las indicaciones que deben de seguir durante el trabajo realizado.	Ejemplo comunitario y municipal al implementar manejo sostenible de desechos.
	Presencia de espacio para el desarrollo de otro tipo de comercio asociadas a la empresa.

CITAS

	Posibilidad de generación de nuevos empleos.
	Ahorro de recursos en compra de abonos.
	Eficiencia en procesos.
	Optimización de procesos.
	Control de producción.
FORTALEZAS	AMENAZAS
Empresa dispuesta a realizar proyecto y a realizar inversión para desarrollarlo.	Afectaciones por olores si no se realiza de forma adecuada el tratamiento de residuos.
Materia prima constante y dispuesta todas las semanas, la empresa recoge 3 camiones de 16 m3 llenos de residuos cada semana (45 m3 semanales de residuos).	Demandas por parte de la comunidad cercana, por olores provocados por el proceso.
La empresa cuenta con un centro de acopio propio para los residuos generados.	Competencia de empresas similares para la venta del compostaje.
Centro de acopio ubicado en zona rural está lejos de la población.	Cumplir con la legislación adecuada para este proyecto.
La empresa es dueña del residuo obtenido.	Falta de un sistema de gestión ambiental y de calidad para cumplir con los procesos y marcos legales.
La empresa recibe recursos por parte de las empresas contratantes para la recolección y para las actividades de poda y paisajismo.	

Fuente: elaboración propia.

Análisis comparativo MICMAC

El método MICMAC (matriz de impactos cruzados-multiplicación aplicada a una clasificación) busca analizar de manera cualitativa las relaciones entre las variables que componen un sistema dentro de una empresa, organización, sociedad, país, etc. Es parte del análisis estructural y se apoya en el juicio cualitativo de actores y expertos que son parte de un sistema. El objetivo de este análisis estructural es identificar las principales variables, influyentes y dependientes, así como las variables esenciales para la evolución del sistema (Arango Morales, 2013).

Para el análisis de escenarios, se evaluó la influencia y dependencia de las variables aparecen en la tabla 2 y de acuerdo con las condiciones encontradas en la empresa.

Tabla 2. Lista de variables determinadas para el análisis MICMAC

N.º	Nombre Largo	Siglas	Descripción
1	Cantidad de residuos sólidos	CRS	Cantidad de residuos obtenidos de las labores de poda y paisajismo
2	Capacitación de personal para manejo	CPM	Programa de capacitación sobre el manejo de residuos orgánicos por medio de compostaje
3	Acondicionamiento de material	AM	Proceso de picado y ubicación en pila de residuos orgánicos obtenidos
4	Efectividad en el proceso de separación de residuos	EPSR	Separación adecuada de residuos, eliminación de residuos grandes y desecho de residuos no orgánicos
5	Operación, mantenimiento y monitoreo del compostaje	OMMC	Actividades desarrolladas durante el proceso de tratamiento de residuos orgánicos para la obtención de abono orgánico
6	Infraestructura acondicionada para el tratamiento de residuos orgánicos	IATRO	Planta física desarrollada para el tratamiento de los residuos orgánicos obtenidos

7	Disponibilidad de equipos para la elaboración	DEE	Equipo, maquinaria y elementos disponibles para el proceso de elaboración de abono orgánico
8	Capacitación en comercialización de producto final	CCPF	Capacitaciones y formación para la venta del abono obtenido al personal de la empresa
9	Almacenamiento de producto terminado	APT	Condiciones de bodegaje y almacenaje del abono orgánico obtenido
10	Operación, monitoreo y mantenimiento del producto terminado	OMMPT	Condiciones óptimas de almacenamiento
11	Estándares de calidad de producto	ECP	Condiciones de composición orgánica, química y microbiana
12	Mercados disponibles para la comercialización	MDC	Target de comercialización

Fuente: elaboración propia.

En cuanto al análisis de influencia vs dependencia, en la figura 1 se evidencia que en la zona de salida se están las variables *efectividad en el proceso de separación de residuos* y *cantidad de residuos sólidos* las cuales son variables que ejercen influencia en el sistema. En la zona de indiferencia, la variable *mercados disponibles para comercialización* tiene baja motricidad y baja dependencia, ya que son factores que, aunque inciden en la empresa, no generan un riesgo elevado para el proceso planteado. En la zona de conflicto aparecen las variables *capacitación del personal para manejo de residuos*, *infraestructura para el tratamiento de residuos* y *los estándares de calidad de producto*. Esta última es la variable con la más alta dependencia y motricidad en el sistema y es la que se considera con mayor cuidado en el análisis, teniendo en cuenta que sobre estas afecta directamente a la situación de la compañía, bien sea en forma positiva o negativa. Por último, en la zona de poder quedaron las variables *operación, mantenimiento y monitoreo del compostaje*, *disponibilidad de equipos para la elaboración*, *almacenamiento de producto terminado* y *operación, monitoreo y mantenimiento del producto terminado*. Estas variables son las que más influyen sobre todas las demás y sin embargo recibe muy poca influencia de las otras.

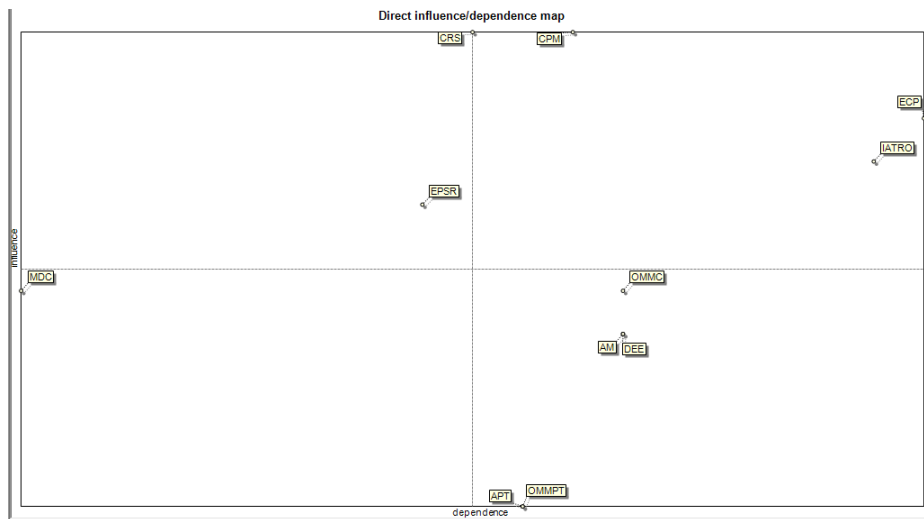


Figura 1. Gráfica de influencia / dependencia

Fuente: elaboración propia.

Método de selección de estrategia de manejo de residuos orgánicos

Con el fin de seleccionar la mejor estrategia para el manejo de los residuos producido por la empresa Sanval, se realizó una revisión bibliográfica de las estrategias utilizadas a nivel global, en la cual se encontró que las más usadas corresponden a lombricultivo, compostaje y bocachi. Teniendo en cuenta estos métodos de tratamiento de residuos, se ponderaron las variables usando 2 métodos multicriterio: AHP y TOPSIS.

El método AHP define los criterios de decisión en forma de objetivos jerárquicos. La jerarquización se estructura en diferentes niveles: inicia en el tope con la definición del objetivo principal del proceso de jerarquización; luego, se definen los niveles intermedios (criterios y subcriterios por evaluar) y finalmente, en el nivel más bajo, se describen las alternativas a ser comparadas. Posteriormente, se pesan los diferentes criterios, subcriterios y alternativas en función de su importancia correspondiente en cada nivel. Los criterios cualitativos y cuantitativos pueden ser comparados usando juicios informales para obtener los pesos y las prioridades. Para criterios cualitativos, la técnica AHP utiliza simples comparaciones (apareadas - *pairwise*) para determinar los pesos y evaluarlos. De esta forma el analista puede concentrarse en solo dos criterios al mismo tiempo. De hecho, la técnica AHP está basada en la suposición de que el analista (decisor) puede de forma más fácil elegir un valor de comparación que un valor absoluto.

Posteriormente, en una matriz de juicios, un vector de prioridad es calculado y usado para pesar (comparar) los elementos de la matriz. En el caso de criterios cuantitativos, es necesario diseñar un método de priorización que permita cuantificar de forma consistente el peso de cada criterio por ser analizado. La técnica AHP permite al analista evaluar la congruencia de los juicios con el radio de inconsistencia, así como jerarquizar las alternativas y tomar las decisiones correspondientes (Universidad de Sevilla, 2010). En la tabla 3 se muestra la evaluación de importancia de características y en la tabla 4 se resumen los resultados de aplicar el método AHP a las tres opciones de tratamiento de residuos, donde evidencia que la mejor opción de tratamiento de residuos para la empresa Sanval de Colombia corresponde al compostaje.

Tabla 3. Evaluación de importancia de características

Matriz de comparación de pares									
	Temperatura	Duración	Costo por pila	Valor abono	Matriz normalizada				Valor promedio
Temperatura	1	2	2	3	0.04	0.11	0.13	0.19	0.12
Duración	7	1	3	3	0.27	0.05	0.20	0.19	0.18
Costo por pila	9	9	1	9	0.35	0.47	0.07	0.56	0.36
Valor abono	9	7	9	1	0.35	0.37	0.60	0.06	0.34
Suma	26	19	15	16					

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Resultado evaluación AHP

Característica / Método	Temperatura	Duración	Costo por pila	Valor de abono	Total
Lombricultivo	0,58	0,04	0,41	0,34	0,35
Compostaje	0,03	0,33	0,56	0,31	0,39

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 |  <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 9, n.º 1 | enero - junio del 2023

Bocachi	0,38	0,63	0,03	0,35	0,26
Ponderación	0,1125	0,1625	0,4375	0,2875	

Fuente: elaboración propia.

El segundo método utilizado, TOPSIS, consiste en determinar la jerarquización de las variables de estudio para obtener la ponderación de las variables de manera que se determine la alternativa ideal (valor mayor) y la alternativa antiideal (menor valor). Finalmente, se promedian los dos valores obtenidos para obtener el valor final de la solución.

En la tabla 5 se evidencian los resultados del método de decisión multicriterio, donde se ve reflejado que la mejor opción es el compostaje.

Tabla 5. Resultado evaluación TOPSIS

Proximidad relativa a la alternativa ideal			
Alternativa ideal	Alternativa antiideal		
0,239366	0,1651	0,854908	Lombricultivo
0,340854	0,0684	0,269223	compostaje
0,134595	0,3344	2,818649	Bocachi

Fuente: elaboración propia

Diagnóstico de costos iniciales de la empresa Sanval de Colombia

En la tabla 6 se representa el estado actual de la empresa Sanval de Colombia después de realizar el análisis de costos, a partir de la información recolectada en la base de información en custodia de la empresa.

Tabla 6. Diagnóstico de costos iniciales

Totalidad de costo actualmente		
Costos	Mensuales	Anuales
Costo de transporte	\$ 1.382.917	\$ 16.595.000
Costo adicional de transporte	\$ 383.333	\$ 4.600.000
Costo de empleados	\$ 3.940.812	\$ 47.289.744
Costo administrativo	\$ 1.868.721	\$ 22.424.652
Pago recepción de residuos (alimento bovino)	\$ 800.000	\$ 9.600.000
Costos varios	\$ 1.018.626	\$ 12.223.512
Costo total	\$ 9.394.409	\$ 112.732.908

Fuente: elaboración propia

En este análisis de costos se observa que, dentro de la labor comercial de la empresa, aparecen gastos externos que no tienen que ver con el desarrollo de las tareas diarias de producción, como el pago por la recepción de residuos, los costos adicionales de transporte y los costos varios. Estos costos adicionales representan un 23.4 % de los costos mensuales de la compañía.

Estudio de inversión para la empresa Sanval de Colombia

Teniendo en cuenta que la mejor opción encontrada por medio de los métodos multicriterio corresponde al compostaje, se realizó un estudio de inversión para la empresa Sanval, que se representa en la tabla 7.

Tabla 7. Relación de inversión

Inversión inicial			
Concepto	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Maquinaria			
Trituradora	1	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000
Bomba de riego	1	\$ 420.000	\$ 420.000
Extractores de aire	2	\$ 1.500.000	\$ 3.000.000
Subtotal maquinaria			\$ 18.420.000
Equipos			
Palas	2	\$ 15.000	\$ 30.000
Tolvas de empaque	1000	\$ 200	\$ 200.000
Equipo de seguridad industrial	4	\$ 415.280	\$ 1.661.120
Carretillas	2	\$ 80.000	\$ 160.000
Lonas protectoras	10	\$ 60.000	\$ 600.000
Estibas	40	\$ 24.940	\$ 997.600
Cajones para tratamiento	25	\$ 10.000	\$ 250.000
Canecas de melaza 55 gal.	10	\$ 54.175	\$ 541.750
Trinches	2	\$ 18.000	\$ 36.000
Plástico invernadero	120	\$ 8.000	\$ 960.000
Escalera en acero inoxidable	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
Subtotal			\$ 6.936.470
Mano de obra adecuación			
Adecuación de la compostera	1	\$ 550.000	\$ 550.000
Tubería	50	\$ 6.309	\$ 315.450
Madera	30	\$ 10.000	\$ 300.000
Subtotal			\$ 1.165.450
Subtotal otros activos fijos			\$ -
Total activos fijos			\$ 23.510.800

Fuente: elaboración propia.

Proyección del retorno de la inversión

En la tabla 8, se relaciona el retorno de la inversión proyectado para el proyecto de creación de una planta de compostaje en la empresa Sanval para atender el manejo de residuos orgánicos originados de la poda y arborismo.

Tabla 8. Retorno de la inversión

Egresos mensuales	Mes 27	Mes 28	Mes 29	Mes 30
Empleados	\$3.940.812	\$3.940.812	\$3.940.812	\$3.940.812
Transporte	\$630.662	\$630.662	\$630.662	\$630.662
Crédito	\$431.112	\$431.112	\$431.112	\$431.112
Gastos administrativos y operativos	\$1.868.721	\$1.868.721	\$1.868.721	\$1.868.721
Total de egresos	\$6.871.307	\$6.871.307	\$6.871.307	\$6.871.307
Producción en kilos	2925	9072	3225	3386
Valor/ kg	2000	2000	2000	2000

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 |  <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 9, n.º 1 | enero - junio del 2023

Venta de abono	\$5.850.521	\$6.143.048	\$6.450.200	\$6.772.710
Ahorro mensual de pagos anteriores	\$800.000	\$800.000	\$800.000	\$800.000
Total de ingresos	\$6.650.521	\$6.943.048	\$7.250.200	\$7.572.710
Margen de pérdida-ganancia	-\$220.785	\$71.741	\$378.891	\$701.403
Porcentaje del margen de pérdida y ganancia	-3%	1%	5%	9%
Cuotas adicionales, pago de crédito	\$5.419.410	\$5.711.936	\$6.019.088	\$6.341.598

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla 8, en el mes 27 se vería reflejado el pago total de la inversión inicial y, a partir del mes 28, se tendrá ganancias. En este ejercicio se puede evidenciar que el negocio inicia con un margen negativo del -756 %, el cual va disminuyendo y en el mes 28 se empieza a reflejar positivo y ascendente. Este se reflejará en el mes 60 con retorno del 77 % del valor inicial invertido. De igual forma, se estima pagar el crédito en un menor tiempo ya que, a partir del mes 16, el ingreso de la venta del abono se utilizaría para hacer pagos adicionales a la cuota fija del crédito.

Conclusiones y recomendaciones

Una ventaja de transformar los residuos orgánicos dentro de la empresa es complementar el ciclo de producción con este paso y así convertirlo en una actividad de las tareas diarias. Por ende, sería un ahorro económico, ya que no tendrían que contratar a una persona solo para esta labor.

La empresa Sanval de Colombia, al ser una empresa de jardinería y poda, debe reevaluar sus procesos y darle seguimiento en especial a la recolección de residuos orgánicos, ya que este genera gastos que detalladamente afectan en las utilidades de la empresa. Se logró ver que el costo que se cancela para la disposición final de estos residuos se puede eliminar definitivamente y, con este, se puede ahorrar anualmente 9'600.000 pesos.

Así mismo, se percibió desconocimiento por parte de los propietarios en cuanto a los costos exactos, que deben cubrir por el hecho de tener su vehículo en uso, lo que confirma que se está realizando negociaciones con base a estimados poco acercados a los reales. Con ello, se llevó a cabo un análisis costo-beneficio, teniendo en cuenta los diferentes costos y gastos que se manejan en este momento y con los diferentes viajes que se han realizado desde el mes de Julio.

A partir de los resultados obtenidos se quiere presentar a la empresa un sistema de compostaje, ya que los residuos obtenidos no están siendo aprovechados y, con este proceso, se logrará conseguir ventajas tanto monetarias como legales.

A partir de lo anterior, se recomienda diseñar tablas para la inspección del sistema, para el momento en que sea diseñado. Finalmente, se recomienda seguir trabajando en el alcance, desarrollo y perfeccionamiento de este sistema. Se debe realizar un estudio más profundo para la implementación del sistema de compostaje, ya que este se debe realizar de forma detallada..

Referencias

- Chapman, A. (agosto de 2004). *Análisis DOFA y análisis PEST*. <http://empresascreciendobien.com:>
<http://empresascreciendobien.com/wp/wp-content/uploads/2016/03/Manual-DOFA.pdf>
- Universidad de Sevilla. (2010). *Escuela técnica superior de ingenieros de sevilla*.
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70496/fichero/Capitulo+4+El+m%C3%A9todo+AHP.pdf>
- Arango Morales, X. A., Garza Villegas, J. B., Cuevas Pérez, V., Leyva Cordero, O. y Estrata Camargo, M. (2013).
Exploratory Study of Variables Through the Structural Analysis MIC MAC in the Service to Users in the
Municipal Administration at Monterrey, Mexico. *Revista Internacional Administración & Finanzas*, 6(2), pp.
73-88. <https://ssrn.com/abstract=2156503>