


Artículo Original

La producción más limpia, como estrategia de valorización (ecoeficiencia) del centro de faenamiento, Puyo, Pastaza, Ecuador

Cleaner production as a strategy for the valorization (eco-efficiency) of the slaughterhouse, Puyo, Pastaza, Ecuador"

**Quishpe-López, J. D.¹, Lliguicota-Guarquila, J.P.¹ Sarduy-Pereira L. B.²,
*Diéguez-Santana, K.¹** 

¹Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Vida, Carrera Ingeniería Ambiental, Ecuador

²Unidad Educativa Fiscomisional Cristóbal Colón, Parroquia Shell, Cantón Mera, Pastaza, Ecuador

RESUMEN

Los camales son de las instalaciones de la industria cárnica más contaminantes. El objetivo del presente documento es analizar alternativas de producciones más limpias, como estrategia de valorización del centro de faenamiento, de un Cantón de la Amazonia Ecuatoriana. La metodología abordó desde el diagnóstico hasta la formulación y evaluación de alternativas de PML, mediante la recolección de datos de campo desde entrevistas y diálogos semiestructurados, la revisión inicial ambiental, ecomapas, análisis de flujos, y costos. Los resultados muestran que la generación de grandes cantidades de residuos orgánicos (sangre, estiércol y rumen), y la descarga de aguas residuales son los principales problemas ambientales de la actividad. Se propusieron y evaluaron dos estrategias de producción más limpia para minimizar la contaminación de la actividad y valorizar estos residuos mediante la elaboración de harina de sangre y producción de bioles y biogás. La implementación conjunta de las dos estrategias de producción más limpia propuestas pueden generar mensualmente beneficios económicos netos de \$4518.6 y una relación beneficio/costo de 1.34. Finalmente, la aplicación de prácticas y tecnologías enmarcadas en sistemas de PML puede mejorar la eficiencia de utilización de las materias primas y la reducción de los contaminantes sólidos y líquidos.

Palabras clave: residuos orgánicos; análisis costo-beneficio, camal, tecnología limpia.

ABSTRACT

Slaughterhouses are one of the most polluting meat industry facilities. The objective of this document is to analyze cleaner production (CP) alternatives, as a strategy to valorize the slaughterhouse in an Ecuadorian Amazon Canton. The methodology ranged from diagnosis to formulation and evaluation of CP alternatives, by collecting field data from interviews and semi-structured dialogues, initial environmental review, eco-maps, flow analysis, and costs. The results show that the generation of a large amount of organic waste (blood, manure and rumen), and the discharge of wastewater are the main

* Autor correspondiente: **Karel Diéguez-Santana**. Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Vida, Carrera Ingeniería Ambiental, Ecuador
Correo electrónico: karel.diequez.santana@gmail.com

Fecha de recepción: junio 2020 Fecha de aceptación: agosto 2020



environmental problems of the activity. Two cleaner production strategies were proposed and evaluated to minimize contamination from the activity and to valorize these residues by making blood meal and producing digestates and biogas. The joint implementation of the two cleaner production strategies proposed can generate monthly net economic benefits of \$ 4,518.6 and a benefit/cost ratio of 1.34. Finally, the application of practices and technologies framed in CP systems can improve the efficiency of use of raw materials and the reduction of solid and liquid contaminants

Keywords: organic waste; cost-benefit analysis, slaughterhouse, clean technology

INTRODUCCIÓN

El sector ganadero tiene un peso importante en la economía mundial, desde la proporcionar alimentos como carne y leche, hasta la producción de pieles, y fibras. Para lograr, el sacrificio de los animales en condiciones adecuadas ha surgido los centros de faenamiento o mataderos. Estas instalaciones se encuentran entre las industrias cárnicas más contaminantes debido a la elevada generación de materia orgánica, grasas, sólidos en suspensión, nutrientes y sustancias químicas, todo ello proveniente de la matanza, de las excretas, o de soluciones cáusticas y detergentes utilizados en la limpieza y desinfección. Adicionalmente, la actividad consume un alto porcentaje de energía y agua, y generan impactos visuales, ruido y malos olores (Acosta y Díaz, 2014).

En Ecuador, la producción bovina es de alrededor de 200 mil toneladas, autosuficiente para cubrir la demanda nacional de este producto (MAG, 2017), la región de la costa es la mayoritaria en la producción, sin embargo, en la Amazonia, se ha extendido y debido al crecimiento población se ha visto la necesidad de crear nuevos centros de faenamiento (hasta 277 centros de faenamiento de ganado bovino registrados en el país) (MAG, 2018), que a su vez producen toneladas de desechos, que son descargados a los cuerpos hídricos o enterrados en pozos ciegos.

El Centro de faenamiento Municipal de la ciudad del Puyo, se encuentra ubicado en el cantón y provincia de Pastaza, y presenta varios problemas de contaminación ambiental, como generación de aguas residuales y elevadas cantidades de residuos sólidos. Además, tiene un considerable consumo de agua, energía y gas, y los indicadores económicos de la actividad son desfavorables (Soto-Cabrera, Panimboza-Ojeda, Ilibay-Granda, Valverde-Lara, y Diéguez-Santana, 2020).

Un instrumento importante durante los últimos 25 años ha sido la aplicación del enfoque de producciones más limpias (PML), que ha demostrado resultados positivos en la mitigación de daños ambientales y la creación de beneficios económicos y sociales. Según Oliveira, Oliveira, Ometto, Ferraud, y Salgado (2016) esta metodología es una estrategia industrial preventiva diseñada para promover beneficios para el medio ambiente, las organizaciones y los seres humanos. Recientemente, ha ampliado el alcance y se ha convertido en una estrategia que también abarca el diseño y evaluación de productos, procesos y servicios, incorporando todas las dimensiones del desarrollo sostenible y sostenibilidad industrial de la manera más integral posible (Matos et al., 2018).

En Ecuador el Centro Ecuatoriano de Eficiencia de Recursos y Producción más Limpia (CEER), ha intentado promover el uso eficiente de

recursos y las PML a nivel nacional (CEER, 2016), pero aún existe desconocimiento en los sectores productivos, universidades y población en general. Existen algunos casos de estudios publicados, por ejemplo, pequeñas manufacturas del sector textil (Guallo-Aguinda, Sarduy-Pereira, Crespo, y Diéguez-Santana, 2020), en la producción de compost (Caiza, Chimbo, Sarduy Pereira, Pisco, y Diéguez-Santana, 2018), pero restan varios sectores importantes sin ser analizados.

Por lo tanto, el propósito de este estudio es diagnosticar el funcionamiento del centro de faenamiento de la ciudad de Puyo, Pastaza, Ecuador. y a la vez analizar alternativas de Producción Más Limpia (PML), como estrategia de valorización. También pretende, proponer un sistema que permita aprovechar los residuos líquidos (sangre) y los residuos sólidos (estiércol) para la elaboración de subproductos que ayuden a la prevención y minimización de la contaminación ambiental que se genera en el centro de faenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente estudio se llevó a cabo en el Centro de Faenamiento Municipal de la ciudad del Puyo, provincia de Pastaza, se encuentra ubicada en el barrio el Recreo, en la Av. Tarqui a unos 600 metros de la Av. Alberto Zambrano, junto a las riberas del río Pindo Grande. Pastaza. La Figura 1, muestra la ubicación geográfica.



Fuente: Elaboración propia, Imagen satelital Google Earth

Figura 1: Ubicación geográfica del Centro de Faenamiento de la ciudad del Puyo

Criterios metodológicos del análisis de PML

Se analizaron las directrices del Programa de Producción más Limpia, diseñado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), la guía de PML de Ecuador (CEER, 2019) y otras literaturas de estudios de casos en Ecuador (Caiza et al., 2018; Cárdenas, Maldonado, Valdez, Sarduy-Pereira, y Diéguez-Santana, 2019; Guallo-Aguinda et al., 2020), y se analizaron 4 etapas.

Etapa I: Organización y definición de objetivos y metas de PML dentro de la política ambiental de la empresa: En esta parte inicial, se realizó un acercamiento con el sector de la empresa, donde se expusieron los beneficios económicos y ambientales que se pueden lograrse con la aplicación de las PML, se organizó el equipo y sus funciones y se identificaron los principales obstáculos y barreras. Se definieron conceptos sobre la producción más limpia, las buenas prácticas en los sistemas de producción en análisis y la legislación ambiental aplicable para ese tipo de actividad económica (Cárdenas et al., 2019).

Etapa II: Diagnóstico técnico – económico y ambiental preliminar de la empresa o proceso. En esta parte del procedimiento, se realizó la revisión ambiental inicial, se obtuvo información técnica sobre estadísticas de la actividad, costos de materia prima e insumos, también se recopiló información ambiental sobre aquellos procesos que generen impactos negativos al medio ambiente. La obtención de estos elementos se llevó a cabo mediante entrevistas, cuestionarios a trabajadores, así como revisión de registros históricos de la actividad. Se confeccionó un ecomapa para visualizar las instalaciones para cada proceso y en ella se determinaron las zonas donde existe la mayor contaminación ambiental. Luego, se elaboraron los diagramas de flujo: donde, se cuantificaron todas las entradas y salidas. y se contrastó con los reportes obtenidos en la primera fase de este trabajo. Posteriormente, se realizó un análisis de costo-ingreso para identificar los ingresos de la empresa y a partir de ese presupuesto incrementar medidas de mejoras al sistema productivo.

Etapa III: Evaluación técnico – económico y ambiental de la empresa. En esta etapa se elaboraron los balances de materiales y energía para las operaciones unitarias críticas, se cuantificaron las condiciones del proceso mediante el registro de cantidades y costo de materiales, insumos y energía consumidos, de residuos, efluentes, emisiones, productos y subproductos generados, se estimaron los costos derivados de las ineficiencias productivas. Se identificaron las causas de las ineficiencias y se seleccionaron las oportunidades a ser evaluadas en términos técnicos y económicos (CEER, 2019).

Etapa IV. Formulación de alternativas de producción más limpia: A partir de las deficiencias identificadas y las potenciales opciones de PML, estas se llevaron a evaluación para valorar su implementación. Se realizó la evaluación técnica, económica y ambiental de las mismas, así como se realizó la selección de las opciones de mejora factibles a implementar. Se evaluaron la variación de los indicadores del proceso (productivo, técnico y ambiental).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de la empresa

El centro de faenamiento de la ciudad de Puyo, fue construido hace 30 años, y ofrece hasta la fecha el servicio de faenado a toda la provincia de Pastaza. Cuenta con un área aproximada de 5.052 ha, sin embargo, el área construida para el funcionamiento del establecimiento cuenta con una extensión de 800m². Este establecimiento es competencia del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) del Cantón Pastaza. El centro dispone de una estructura y organización administrativa, donde laboran alrededor de 24 personas: 1 administrador, 1 secretaria, 1 asistente de secretaria, 1 médico veterinario, 14 faenadores, 2 personales de seguridad y 1 técnico ambiental. En

este caso, la mayor parte del personal opera directamente en el proceso productivo o es del área técnica.

Descripción del proceso

El servicio de faenamiento para animales bovinos que brinda el camal municipal de la ciudad de Puyo cuenta con once etapas. La figura 2, muestra los sub-procesos, y a continuación se describen algunas brevemente.

Admisión del ganado. – El ganado es recibido en la instalación y es traslado al corral de descanso, donde debe reposar 24 horas. En esta actividad se generan aguas residuales debido al mantenimiento y limpieza que se da al corral de descanso después de que el animal pasa al corral de sacrificio.

Control sanitario o Ante Mortem. - Se realiza una inspección sanitaria o ante mortem al animal por parte del médico veterinario, para detectar la presencia de enfermedades.

Bañado del ganado. - Pasadas las 24 horas y la inspección sanitaria, el ganado pasa a una cámara para ser bañados mediante agua a presión, se generan aguas residuales.

Proceso de Sacrificio y Aturdimiento. - Este proceso se realiza en el cajón de noqueo o aturdimiento, el operador utiliza una pistola eléctrica a presión, y el animal se inmoviliza.

Proceso de desangrado. - El animal pasa al proceso de izado donde la sangre es recolectada en tachos.

Corte de patas. - En este subproceso se cortan las patas delanteras y traseras del animal, para posteriormente ser lavadas y entregadas al dueño.

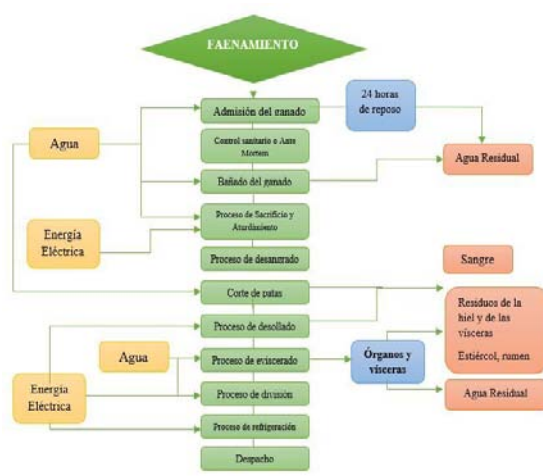
Proceso de desollado. - Enseguida pasa al proceso de desollado o descuerado del animal, donde se utiliza el equipo de descuerdo mecánico, para extraer la piel o cuero del animal.

Proceso de eviscerado. - En este proceso se utiliza el equipo "Corta pecho", cortando el esternón y la cavidad abdominal, sacando inmediatamente las vísceras y órganos. Son trasladadas al cuarto de lavado de viseras, donde se separa la hiel, vísceras blancas y rojas. En este proceso también se genera una gran cantidad de aguas residuales.

Proceso de división. - Se utiliza una sierra eléctrica se le realiza un corte longitudinal a lo largo de la columna del animal.

Proceso de refrigeración. – La carne y las vísceras del animal pasan a la cámara de refrigeración y almacenamiento para su posterior inspección de Post-Mortem; donde el médico veterinario verifica si la carne es acta para el consumo humano.

Despacho. - Finalmente la carne es entregada a su respectivo propietario.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2: Diagrama del proceso de faenado de ganado bovino en el Camal Municipal Puyo.

Resultados del diagnóstico de PML.

En el diagnóstico de las instalaciones se identificaron varios aspectos problemas de las diferentes etapas del proceso de faenamiento. La generación de una gran cantidad de aguas residuales, que son enviadas a la planta de tratamiento del camal, que no se encuentra funcionando correctamente, y las altas concentraciones de carga contaminante no son removidas y, por ende, las descargas contaminan el río Pindo Grande. El elevado volumen de aguas residuales se genera por el consumo excesivo y el uso irracional del recurso hídrico, en los diferentes procesos o etapas como: lavado de corrales, bañado del ganado y lavado de vísceras de los animales faenados. Adicionalmente, en el servicio de faenamiento se generan considerables cantidades de residuos líquidos y sólidos, como restos de materia orgánica (estiércol), restos de pieles y tejidos, los mismos que son almacenados por varios días a la intemperie, generando malos olores, así como también la proliferación de vectores.

En la figura 3 se muestra el ecomapa que refleja los puntos críticos del centro municipal de faenamiento de la ciudad de Puyo.

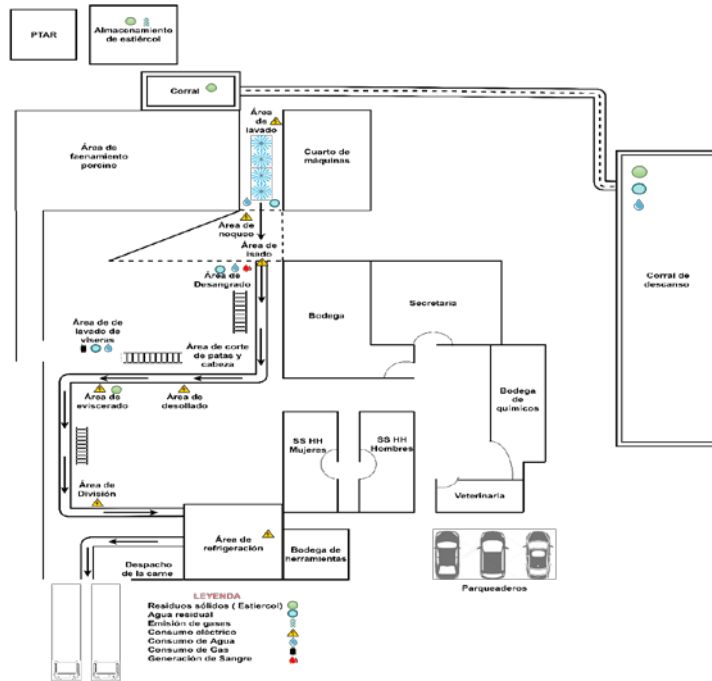


Figura 3: Ecomapa con los puntos críticos en el centro de faenamiento municipal de Puyo.

Como se puede observar, el ecomapa identificó los principales problemas en los procesos del faenamiento de ganado, por ejemplo, se puede identificar la generación de estiércol en los corrales de descanso y el área de eviscerado, mientras en el área de lavado de vísceras y desangrado es donde se identificaron las mayores descargas líquidas que luego son direccionadas hacia la planta de tratamiento de aguas residuales.

Resultados de la propuesta de opciones de PML

Análisis de flujo

A partir de la información obtenida en el diagnóstico, se analizaron las diferentes corrientes y consumos del proceso, en función del peso promedio de un animal faenado. La Figura 4, muestra el análisis de flujo de los procesos de faenamiento del camal de Puyo. Por cada etapa, se reflejaron los aditivos, insumos, consumos del recurso agua y energía eléctrica, que son utilizados en los diferentes procesos de faenamiento y se identificaron las principales salidas de los diferentes procesos, de los cuales los más relevantes son las descargas líquidas (sangre y aguas residuales), y residuos sólidos (estiércol y rumen).

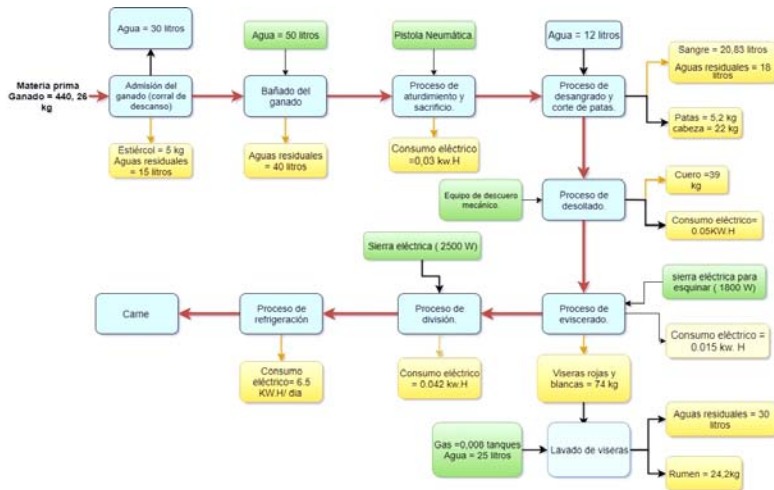


Figura 4: Análisis de flujo de los procesos de faenamiento del camal de Puyo.

Entre los valores se destaca la generación de estiércol y contenido ruminal con un total de 29.2 kg generados, tanto en los corrales de descanso, así como el área de lavado de vísceras. Otro valor importante es la generación de sangre en el área de desangrado con un total de 20.83 L de sangre por cada cabeza de ganado. Mientras en el caso de las descargas líquidas residuales analizadas, sobrepasan las cantidades de $DBO_5 = 500 \text{ mg/L}$, $DQO = 1042 \text{ mg/L}$, parámetros que superan los niveles máximos permisibles establecidos en 100 y 250 respectivamente, incumpliendo la normativa nacional, en este caso los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, del Acuerdo Ministerial 097-A. También, los compuestos orgánicos fosforados y clorados (Organofosforados totales=0.46 mg/L, Organoclorados totales=0.12 mg/L), presentan resultados superiores a los criterios establecidos que son para ambos valores inferiores a 0.1 mg/L, dado lo perjudicial que pueden ser los mismos. En este caso, pueden provenir tanto de la descomposición de la materia orgánica que se genera en el camal, como también de restos de los productos e insumos de higienización que se emplean en el proceso (Diéguez-Santana, Arteaga-Pérez, Casas Ledón, y Rodríguez Rico, 2013). Otros parámetros se encuentran en los límites permisibles.

Análisis económico

En cuanto al comportamiento económico de la actividad, el análisis de los ingresos/egresos, muestra un comportamiento negativo, pues la relación beneficio/costo es de 0.85. Estos resultados provienen pues, los gastos superan los ingresos. En el análisis de un mes de trabajo normal, se faenan un promedio de 400 animales, que acorde al precio por el pago del servicio de faenamiento que es de \$17, reporta ingresos de \$6800/mes, pero como se aprecia en la Tabla 1, los gastos totales mensuales son de \$8010.82. Entre los indicadores de gastos, sobresale el salario de los trabajadores, pero como se expuso anteriormente en la estructura de la instalación, el personal tiene funciones específicas y necesarias en el proceso de faenado. En resumen, la empresa

reporta pérdidas económicas mensuales de aproximadamente \$1210.82, que son asumidas por el gobierno municipal, que es a quien está subordinado el centro de faenamiento. Por lo que, según estos resultados obtenidos se recomienda la implementación de estrategias que generen ingresos adicionales, y la revalorización de los residuos pueden ser estrategias viables para la empresa.

Tabla 1: Resumen de gastos mensuales por indicadores en el Centro de faenamiento, Puyo.

Indicador	Monto, \$
Depreciación de activos fijos	9.92
Consumo de gas	10.5
Consumo energía eléctrica	192.4
Salario talento humano	7553
Pago de consumo de agua	158
Teléfono	7
Internet	30
Mantenimiento	50
Total	8010.82

Planteamiento de alternativas de PML

A partir de varios criterios expuestos anteriormente, se definen dos opciones de Producción más limpia a evaluar, relacionadas con el aprovechamiento de residuos orgánicos: elaboración de bioles con el estiércol del ganado bovino, e implementación de un digestor Cooker, para la elaboración de harina de sangre.

Alternativa 1. (Planta procesadora de harina de sangre): En el Camal municipal de la ciudad del Puyo se genera aproximadamente 500 L de sangre diarios en el faenado de los bovinos, muchas veces este desecho líquido es vertido al sistema de alcantarillado, luego a la planta de tratamiento de agua residuales y las descargas al río Pindo. Como mencionan Chaux, Rojas, y Bolaños (2009), la sangre de los bovinos es rica en proteínas, por lo que se establece como estrategia de PML la implementación de un sistema de Cooker en centro de faenamiento para la producción de harina de sangre, con el fin de disminuir el aumento de proliferación de vectores y los malos olores por la descomposición de la sangre además de generar ingresos económicos extras a la empresa. Además, reducirá descargas líquidas que no están siendo dispuestas correctamente, ya que el vertido se hace directamente a suelos y cuerpos de agua adyacentes al lugar, donde pueden incrementar el potencial de acidificación y eutrofización (Diéguez-Santana, Casas-Ledón, Loureiro Salabarría, Pérez-Martínez, y Arteaga-Pérez, 2020).

Según resultados obtenidos de la caracterización de residuos se obtienen un total de 20.83 L de sangre/ cada ganado faenado, una vez implementada la planta procesadora de harina se obtendrá un total de 20 sacos de harina de sangre, que vendidos a un precio de \$47, genera un total de ingresos de \$940/mes.

Alternativa 2. (Elaboración de bioles y biogás): La cuantificación de las cantidades de estiércol y rumen en el centro de faenamiento es de 11683.2 kg de materia orgánica. Como plantean varios autores, Leip et al. (2019) y Méndez, Peña, Hechemendía, Yero, y Hernández (2017) la elaboración de fertilizante orgánico a partir de estiércoles tiene beneficios en la agricultura, dado por las características nutricionales del bioles que contiene un alto contenido de nutrientes esenciales para las plantas. Además, la implementación de la digestión anaeróbica solucionará el almacenamiento del estiércol en la instalación, la mayor parte de ellos son recogidos y destinados al relleno sanitario del cantón. por lo que su disminución implica extender la vida útil del relleno sanitario de la ciudad, y también se genera biogás que puede ser utilizado como una fuente de energía calorífica para calentar el agua, en la etapa de lavado de vísceras y sustituir la utilización de combustible fósil como el gas licuado de petróleo (GLP) (Arteaga-Pérez, Segura, y Santana, 2016).

Para el diseño del biodigestor se siguieron los criterios propuestos por Varnero Moreno (2011) quien recomienda la implementación de un biodigestor de tipo continuo debido a que la alimentación del digestor es un proceso ininterrumpido, a su vez la relación entre materia orgánica y agua tendrá una relación de 1:1 además se diseña para un tiempo de retención entre (30-40) días para lograr producir un fertilizante de buena calidad en las regiones que tengas climas tropicales. Para el análisis económico se realizó un estudio de precios de los bioles en el mercado y en este caso se consideró un precio promedio de \$1 /L de Biol.

Análisis económico de las Alternativa de PML

El análisis económico de las alternativas de PML consideró un ciclo de un mes, en el cual se faenaban un promedio de 400 ganados, con esta información se realizó el análisis de viabilidad económica de las estrategias. La tabla 2, muestra la comparación de egresos e ingresos para 4 diferentes estrategias (Sin la aplicación de PML, con la aplicación de cada una de las alternativas PML planteadas y con la aplicación de ambas en el escenario actual). Como se puede apreciar una comparación entre en análisis económico actual del camal municipal de Puyo, y el análisis económico de las diferentes alternativas de PML la elaboración de harina de sangre mejora ligeramente la situación económica desfavorable del camal municipal, pues las pérdidas disminuyen desde \$1210.82 (Situación actual, sin PML) a \$781.03, pero aún la actividad es irrentable, esta opción no es muy productiva (solo se producen 20 sacos mensuales de harina de sangre) y además en ella incide el elevado costo del equipamiento.

Mientras, la alternativa 2 de PML (Producción de bioles + biogás), se puede observar que esta estrategia es viable económicamente ya que se tiene una ganancia de aproximadamente \$ 4045.31, una relación de beneficio/costo de 1.31, por lo cual implementar esta estrategia es muy buena económicamente y ambientalmente de igual manera, debido a que esta estrategia contempla el aprovechamiento de los residuos orgánicos como estiércol, por lo que evita la generación de malos olores y emisiones de gas metano a la atmósfera por la descomposición de la misma ya sea en el camal o en relleno sanitario

posteriormente. De igual manera Méndez et al. (2017) realizó un estudio de obtención de bioles a partir de residuos orgánicos y determinó que es viable económicamente debido a que los costos de la implementación de biodigestores no son muy elevados y el comercio de los bioles a un precio bajo tiene una demanda aceptable.

Mientras, en el análisis que incluye la implementación de las dos estrategias de PML, se puede evidenciar que sí es viable, ya que juntas generan un ingreso mayor a las demás opciones comparadas, con una Relación B/C de 1.34, lo que significa que por cada dólar de inversión se obtiene una ganancia de \$0.34, generando una ganancia total de \$4518.6 (el mayor valor de las estrategias en comparación), a su vez con la puesta en marcha de las dos alternativas, se pueden minimizar la contaminación ambiental y se daría solución a los principales problemas ambientales de la empresa como es la generación de efluentes líquidos como la sangre, y residuos orgánicos como el estiércol y rumen.

Tabla 2. Comparación económica entre situación actual y las estrategias de valorización.

Descripción	Egresos, \$	Ingresos, \$	Ganancia, \$	Relación B/C
Sin PML	8010.82	6800	-1210.82	0.85
Implementación Alternativa 1	8521.03	7740	-781.03	0.91
Implementación Alternativa 2	12748.68	16800	4051.32	1.32
Implementación Alternativas 1 y 2	13221.4	17740	4518.6	1.34

Análisis Ambiental de alternativas de PML

Para la evaluación de viabilidad ambiental de las estrategias de PML, se ha considerado varios eco-indicadores como se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3: Eco indicadores ambientales, en función de unidad de ganado faenado.

Indicadores	Unidad	Sin PML	Con PML
Consumo de GLP	Cilindro 15 kg	0.008	0.000
Estiércol final del proceso	kg	29.208	0.000
Sangre final del proceso	L	20.83	0
DBO ₅	kg	51.3	23.2
DQO	kg	123.73	57.3
Emisión de CH ₄ a la atmósfera	L	15	0

Como se puede apreciar, con la implementación de las estrategias de PML los cambios en los valores de los eco indicadores son considerables, por ejemplo, se destaca la disminución de estiércol y de sangre al final del proceso, ya que estos residuos serán aprovechados para la elaboración de bioles y harina de sangre. También se destaca la disminución de los valores DBO₅ y DQO de las aguas residuales, en este caso debido a que se aprovechará la sangre y se disminuirá la carga contaminante de las mismas. Otros eco indicadores que disminuyen sus valores son el consumo de GLP ya que este será remplazado por el biogás obtenido producto de la estrategia de la elaboración de bioles a partir de estiércol de ganado y se reduce considerablemente la generación de residuos orgánicos, y emisiones de gases de efecto invernadero. A su vez esto genera un ahorro económico a la empresa.

Además de la aplicación de las estrategias de PML mencionadas anteriormente, otras recomendaciones se pueden aplicar dentro de la empresa como son las buenas prácticas operacionales donde por ejemplo el ahorro eficiente del agua es de vital importancia y al realizar el lavado de vísceras existen elevados volúmenes de desperdicios de agua que se convierten en aguas residuales posteriormente. Estas dificultades, ha sido identificadas en estudios anteriores en el camal municipal y se ha sugerido programas de ahorro de agua, dentro del plan de manejo de la entidad (Soto-Cabrera et al., 2020). También, se recomienda que exista un mantenimiento continuo de los equipos utilizados en el centro de faenamiento ya que estos equipos tienen varios años de funcionamiento y en algunos casos pueden ocasionar un alto consumo energético.

CONCLUSIONES

El centro de faenamiento de la ciudad de Puyo presenta problemas ambientales. Adicionalmente, tiene pérdidas económicas y el servicio es subsidiado, por lo que la búsqueda de estrategias de valorización es necesaria. Durante el diagnóstico ambiental, se identifican a la generación de grandes cantidades de residuos orgánicos, y la descarga de aguas residuales como los principales problemas ambientales de la actividad. Se proponen dos alternativas de producción más limpia, la implementación de un proceso de elaboración de harina de sangre y de un sistema de digestión anaeróbica para la producción de bioles. La implementación conjunta de las dos estrategias de producción más limpia propuestas pueden generar mensualmente beneficios económicos netos de \$4518.6 y una relación beneficio/costo de 1.34. Además, permite minimizar la contaminación ambiental y dar solución a los principales problemas ambientales de la empresa como es la generación de efluentes líquidos como la sangre, y residuos orgánicos como el estiércol y rumen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A., y Díaz, T. (2014). *Lineamientos de política para el desarrollo sostenible del sector ganadero*. Ciudad de Panamá, Panamá: FAO.
- Arteaga-Pérez, L. E., Segura, C., y Santana, K. D. (2016). Procesos de torrefacción para valorización de residuos lignocelulósicos. Análisis de posibles tecnologías de aplicación en Sudamérica. *Afinidad*, 73(573), 60-8.
- Caiza, D., Chimbo, A., Sarduy Pereira, L. B., Pisco, W., y Diéguez-Santana, K. (2018). Propuesta de producción más limpia en el proceso de elaboración de abonos orgánicos con desechos del camal, realizado en el relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, Junio.

- Cárdenas, E. V., Maldonado, J. M., Valdez, R. A., Sarduy-Pereira, L. B., y Diéguez-Santana, K. (2019). La producción más limpia en el sector porcino. Una experiencia desde la Amazonia Ecuatoriana. *Anales Científicos*, 80(1), 76-91. doi:10.21704/ac.v80i1.1288
- CEER. (2016). *Centro de Eficiencia de Recursos y Producción Más Limpia en Ecuador*. Recuperado de <https://www.industrias.gob.ec/centro-de-eficiencia-de-recursos-y-produccion-mas-limpia/>
- CEER. (2019). *Guía de producción más limpia: Centro Ecuatoriano de Eficiencia de Recursos y Producción Más Limpia CEER*
- Chaux, G., Rojas, G. L., y Bolaños, L. (2009). Cleaner production and feasibility of biological treatment for slaughterhouses effluents in small towns: Case: Municipality of tambo (Colombia). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 7(1), 102-114.
- Diéguez-Santana, K., Arteaga-Pérez, L. E., Casas Ledón, Y., y Rodríguez Rico, I. L. (2013). Análisis de ciclo de vida y caracterización ambiental en una industria alimenticia. *Revista Centro Azúcar*, 40, 52-58.
- Diéguez-Santana, K., Casas-Ledón, Y., Loureiro Salabarría, J. A., Pérez-Martínez, A., y Arteaga-Pérez, L. E. (2020). A life cycle assessment of bread production: A Cuban case study. *Journal of Environmental Accounting and Management*, 8(2), 125-137. doi:10.5890/JEAM.2020.06.002
- Guallo-Aguinda, N. G., Sarduy-Pereira, L. B., Crespo, E. O., y Diéguez-Santana, K. (2020). Las producciones más limpias en el sector textil manufacturero. Un caso de estudio en Tena, Napo, Ecuador. *Mikarimin. Revista Científica Multidisciplinaria*, 6, 201-18.
- Leip, A., Ledgard, S., Uwizeye, A., Palhares, J. C. P., Aller, M. F., Amon, B., Wang, Y. (2019). The value of manure - Manure as co-product in life cycle assessment. *Journal of Environmental Management*, 241, 293-304. doi:10.1016/j.jenvman.2019.03.059
- MAG. (2017). *Ecuador es autosuficiente para cubrir demanda nacional de carne bovina*. Recuperado de <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-es-autosuficiente-para-cubrir-demanda-nacional-de-carne-bovina/>
- MAG. (2018). *Listado de Mataderos Bajo Inspección Oficial - Mabio*. Recuperado de <http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/inocuidad/listado-de-mataderos-mabio-a-abril-2018.pdf>
- Matos, L. M., Anholon, R., da Silva, D., Cooper Ordoñez, R. E., Gonçalves Quelhas, O. L., Filho, W. L., y de Santa-Eulalia, L. A. (2018). Implementation of cleaner production: A ten-year retrospective on benefits and difficulties found. *Journal of Cleaner Production*, 187, 409-420. doi:10.1016/j.jclepro.2018.03.181
- Méndez, M. P., Peña, E. P., Hechemendía, S. A. L., Yero, Y. B., y Hernández, A. H. J. O. I. A. (2017). Producción de biol y determinación de sus características físico-químicas. (48), 6.
- Oliveira, J. A., Oliveira, O. J., Ometto, A. R., Ferraudo, A. S., y Salgado, M. H. (2016). Environmental Management System ISO 14001 factors for promoting the adoption of Cleaner Production practices. *Journal of Cleaner Production*, 133, 1384-1394. doi:10.1016/j.jclepro.2016.06.013
- Soto-Cabrera, A. I., Panimboza-Ojeda, A. P., Ilibay-Granda, C. G., Valverde-Lara, C. R., y Diéguez-Santana, K. (2020). Impacto ambiental de la operación del Centro de faenamiento de la ciudad de Puyo, Pastaza, Ecuador. *Prospectiva*, 18(1). doi:10.15665/rp.v18i1.2101
- Varnero Moreno, M. T. (2011). *Manual de biogás*. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).