

Artículo Original

***EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA FÁBRICA DE
CONSERVAS REINADO, EMPRESA “LOS ATREVIDOS”***

***ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT IN CONSERVED FACTORY
REINADO, “LOS ATREVIDOS” COMPANY***

Maira María Pérez Villar ^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-3907-7449>
José Antonio Fabelo Falcón ² <https://orcid.org/0000-0002-2144-6701>
Francisco Pedrozo Anoceto ³ <https://orcid.org/0000-0003-3086-2114>
Belkis F. Guerra Valdés ¹ <http://orcid.org/0000-0002-9929-7064>
Elena R. Rosa Domínguez ² <https://orcid.org/0000-0002-5371-0976>

¹ Centro de Estudios de Química Aplicada (CEQA). Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

² Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

³ Empresa “Los Atrevidos”, San Pablo No 4 Oeste, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Abril 1º, 2021; Revisado: Mayo 15, 2021; Aceptado: Junio 16, 2021

RESUMEN

Introducción:

La fábrica de conservas “Reinado” se encuentra entre las industrias que contribuyen al deterioro del medio ambiente, por ser un alto consumidor de agua, generar gran cantidad de efluentes y emisiones gaseosas a la atmósfera.

Objetivo:

Realizar una evaluación de Impacto Ambiental en la Fábrica de Conservas “Reinado” a través de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

Materiales y Métodos:

El Diagnóstico Ambiental se realizó mediante la Metodología para la Ejecución de Diagnósticos Ambientales para la obtención del Reconocimiento Ambiental Nacional. Para el ACV se empleó el software *SimaPro*, con un enfoque desde la cuna hasta la puerta. En la evaluación del impacto se utilizó la metodología *ReCiPe*, en las versiones de punto medio y final.

Resultados y Discusión:

El proceso productivo es el que más influye en los impactos ambientales y dentro de este la emisión de contaminantes a la atmósfera (CO₂, SO₂, NO_x y material particulado)



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

* Autor para la correspondencia: Maira M. Pérez, Email: mariapv@uclv.edu.cu



y el consumo excesivo de agua. Con las medidas propuestas la empresa disminuye los daños a la salud humana en un 81,6 % y al ecosistema en un 67,8 %, además se disminuyen los impactos en las categorías de calentamiento global en un 54 % y en formación de material particulado y acidificación terrestre en un 88 %.

Conclusiones:

El proceso productivo es el que más contribuye a la mayoría de las categorías de impacto evaluadas y con la aplicación de las medidas propuestas se puede lograr reducciones de impactos por encima del 50 %.

Palabras clave: análisis de ciclo de vida (ACV); impacto ambiental; industria alimentaria.

ABSTRACT

Introduction:

The conserved factory “Reinado” is an industry that contribute to environment degradation because it is a high water consumer and generates a great amount of effluents and gaseous emissions.

Objective:

To carry out the Environmental Impact Assessment in “Reinado” factory through the Life Cycle Analysis methodology.

Materials and Methods:

The Environmental Diagnosis was carried out using the Methodology for the Environmental Diagnosis Execution to obtain the National Environmental Recognition. The SimaPro software was used for the Life Cycle Analysis, with a focusing cradle-to-gate. The ReCiPe methodology was used for the impact assessment, in the midpoint and endpoint versions.

Results and Discussion:

Production process has the greatest influence on environmental impacts, including the pollutants emission into the atmosphere (CO₂, SO₂, NO_x and particulate matter) and excessive water consumption. With proposed actions, the company reduces human health damage in 81.6 % and in 67.8 %; to the ecosystem. It reduces impacts in 54 % by global warming and in 88 % by particulate matter formation and land acidification.

Conclusions:

The production process is the main polluting factor and with the application of the proposed actions, impact reductions of over 50 % can be achieved.

Keywords: life cycle analysis (LCA); environmental impact; food industry.

1. INTRODUCCIÓN

En el transcurso de su evolución, las actividades industriales, han generado disímiles problemas ambientales. El insuficiente control y atención de dichos problemas, generados por la actividad productiva, ha sido identificado como una de las carencias más importantes del quehacer ambiental en los últimos años (Hanif y Gago-de-Santos, 2017). La evolución de la temática del medio ambiente hasta la actualidad, muestra un

avance positivo, la exigencia y control respecto a la relación actividad entorno ha propiciado la creación de herramientas que sirven a la evaluación del estado del ambiente, como las metodologías para la realización del diagnóstico ambiental y la evaluación de impacto ambiental. Mediante su aplicación se pueden identificar los aspectos medioambientales y la evaluación de los efectos asociados a una actividad (Cañizares, 2006). Siendo el punto de partida para detectar los aspectos en los que sería necesario la toma de medidas de Producción Más Limpia (P+L) e incluso innovación tecnológica.

La P toma en cuenta; el diseño del producto, tecnologías que produzcan pocos desechos, uso eficiente de la energía y de la materia prima, optimización de las tecnologías existentes y un elevado nivel de seguridad en las operaciones. Mediante la herramienta de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se pueden establecer estrategias y actividades concretas para la aplicación de P+L (Lopes et al., 2018).

En Cuba existen fuentes puntuales de contaminación, donde más del 70 % corresponden a instalaciones industriales y agropecuarias, destacándose la industria azucarera, la actividad agropecuaria y las industrias básica y alimentaria, como los sectores productivos de mayor incidencia en el deterioro del saneamiento y las condiciones ambientales en los diferentes territorios. La industria alimentaria depende directamente del medio ambiente para garantizar un suministro de materias primas que permita obtener productos para el consumo humano y además presenta una gran dependencia respecto al agua, lo que ha fomentado el desarrollo de programas de reutilización para facilitar la reducción de su consumo y de los residuos líquidos generados. Esta industria y en particular las industrias de conservas generan impactos ambientales por sus actividades relacionadas con el uso, aprovechamiento o afectación de recursos naturales. La combinación de buenas prácticas operacionales y una gestión integral en el manejo del agua, la energía y los residuales constituyen la clave para el desempeño ambiental de estas industrias (Sánchez, 2003).

La obsolescencia tecnológica de la industria cubana demanda una mayor gestión medioambiental, por lo que resulta necesario brindar solución a los impactos que sobre el ambiente genera el proceso productivo en las mismas. La fábrica “Reinado”, perteneciente al Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL), se encuentra dentro del grupo de industrias que en esta región del país, contribuyen al deterioro del medio ambiente por ser un alto consumidor de agua, generar gran cantidad de efluentes vertidos al medio sin un adecuado tratamiento y emisiones gaseosas a la atmósfera. La metodología de ACV permite cuantificar estos impactos ambientales, siendo el punto de partida para poder realizar una evaluación real de la eficacia de las medidas propuestas en la reducción de importantes indicadores ambientales como el cambio climático (Quesada et al., 2017), por lo que esta investigación tiene como objetivo realizar una evaluación de Impacto Ambiental en la Fábrica de Conservas “Reinado” a través de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El Diagnóstico Ambiental de la Fábrica de Conservas “Reinado” se realizó por la Metodología para la Ejecución de los Diagnósticos Ambientales en Cuba y la verificación del cumplimiento de los indicadores establecidos para la obtención del

Reconocimiento Ambiental Nacional (RAN), (CITMA, 2012).

Para realizar la evaluación de impacto ambiental a través del ACV se empleó el software *SimaPro*, utilizando procesos de la base de datos de *Ecoinvent 3.0*, los cuales fueron adaptados a las condiciones de Cuba. La figura 1 muestra los límites del sistema donde se aprecian las distintas etapas del proceso de producción del puré de tomate.

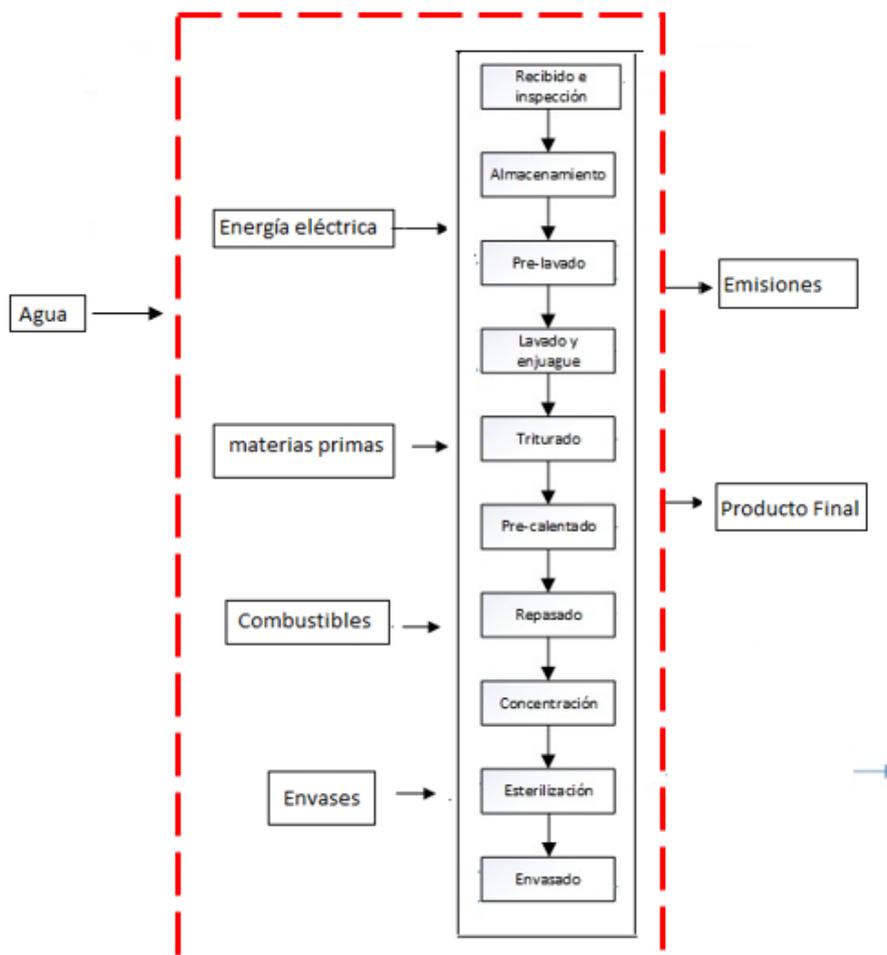


Figura 1. Límites del sistema producto

Se consideraron diferentes categorías de impacto con un alcance desde la cuna hasta la puerta, que involucra el ciclo de vida de todas las materias primas usadas, con la limitación de no considerarse la etapa agrícola de la producción de tomate, por no disponerse de los datos necesarios. En la evaluación del impacto se utilizó la metodología *ReCiPe* que transforma la larga lista de resultados del inventario, en un número limitado de puntajes de indicadores. Para la conformación del inventario se expresan todas las entradas y salidas en función de la unidad funcional que es producir y envasar una tonelada de puré de tomate (NC ISO 14040, 2009), (NC ISO 14044, 2009). Como la fábrica no cuenta con la caracterización de los gases a la salida de la chimenea en la caldera, se estimaron los valores de las emisiones a partir de la bibliografía (Meneses et al., 2016). Los aportes de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los sólidos se obtuvieron mediante la caracterización realizada al agua residual en el Centro de Estudio de Química Aplicada de acuerdo a Métodos Estándar (APHA-AWWA-WEF, 2005).

Los residuos sólidos del procesamiento del tomate se envían a otra entidad para ser usados como alimento animal, se considera como un lazo abierto con carga ambiental cero, por lo que no se incluye en el inventario de la tonelada de puré de tomate.

La confección del inventario se realizó mediante balances de masa y energía, caracterización de los residuos y estimación de emisiones a partir de factores de emisión.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Situación ambiental de la entidad

Los principales problemas ambientales asociados al proceso de producción de puré de tomate en la fábrica “Reinado”, obtenidos a partir del diagnóstico ambiental, son:

- ✓ Contaminación de aguas superficiales y subterráneas por el vertimiento de residuos líquidos con una DQO de 310 mg/L, superior a 90 mg/L (Límite máximo permisible promedio para cuerpo receptor B según (NC 27, 2012).
- ✓ Agotamiento de los recursos naturales, por el elevado consumo de agua y combustibles fósiles del proceso productivo.
- ✓ Contaminación atmosférica por las emanaciones de material particulado, CO₂, SO₂, NO_x, debido a que se usa como combustible de la caldera fuel oíl No 6 de alto contenido de azufre con una composición del mismo del 3,97 %.

3.2 Evaluación de impacto ambiental por ACV

3.2.1 Conformación del inventario

En la Tabla 1 se muestra el resumen de inventario para la obtención de una tonelada de puré de tomate en la fábrica “Reinado”, con las entradas, salidas y emisiones del proceso.

Tabla 1. Resumen de Inventario

| <i>Materiales de entrada</i> | <i>Categoría del material</i> | <i>Unidades</i> | <i>Cantidad</i> |
|--|--------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Combustible fuel oíl pesado | Producto de otro sistema | kg | 309 |
| Agua total | Producto de otro sistema | l | 24 000 |
| Energía eléctrica de la red | Producto de otro sistema | MWh | 0,122 |
| Aceite de soya refinado | Producto de otro sistema | kg | 2 |
| Cloruro de sodio | Producto de otro sistema | kg | 30 |
| Hidróxido de sodio | Producto de otro sistema | kg | 17,570 |
| Hipoclorito de sodio | Producto de otro sistema | kg | 0,7437 |
| Envases de PVC | Producto de otro sistema | kg | 49 |
| <i>Materiales de salida</i> | | | |
| DQO | Flujo elemental | mg | 874 358,85 |
| Sólidos Totales | Flujo elemental | mg | 14 578,15 |
| Sólidos Suspendidos | Flujo elemental | mg | 894 |
| Agua de limpieza | Flujo elemental | l | 3 500 |
| Agua uso sanitario | Flujo elemental | l/mes | 60 000 |
| <i>Emisiones (Caldera)</i> | | | |
| Monóxido de carbono (CO) | Flujo elemental | g | 7 783,71 |
| Óxidos de nitrógeno (NO _x) | Flujo elemental | g | 1 477,02 |

| | | | |
|---------------------------------------|-----------------|---|---------|
| Dióxido de azufre (SO ₂) | Flujo elemental | g | 39 815 |
| Dióxido de carbono (CO ₂) | Flujo elemental | g | 893 804 |

3.2.2 Evaluación de impacto usando Método Recipe punto medio

El análisis del proceso productivo del puré de tomate por categorías de impacto (Figura 2) muestra que, las mayores contribuciones son en las categorías de calentamiento global, formación de ozono, formación de material particulado, acidificación terrestre y consumo de agua y que en las categorías de radiación ionizante, escasez de recursos minerales y escasez de recursos fósiles, las mayores contribuciones se asocian con las emisiones al aire, debido al uso del fuel oil pesado durante el proceso.

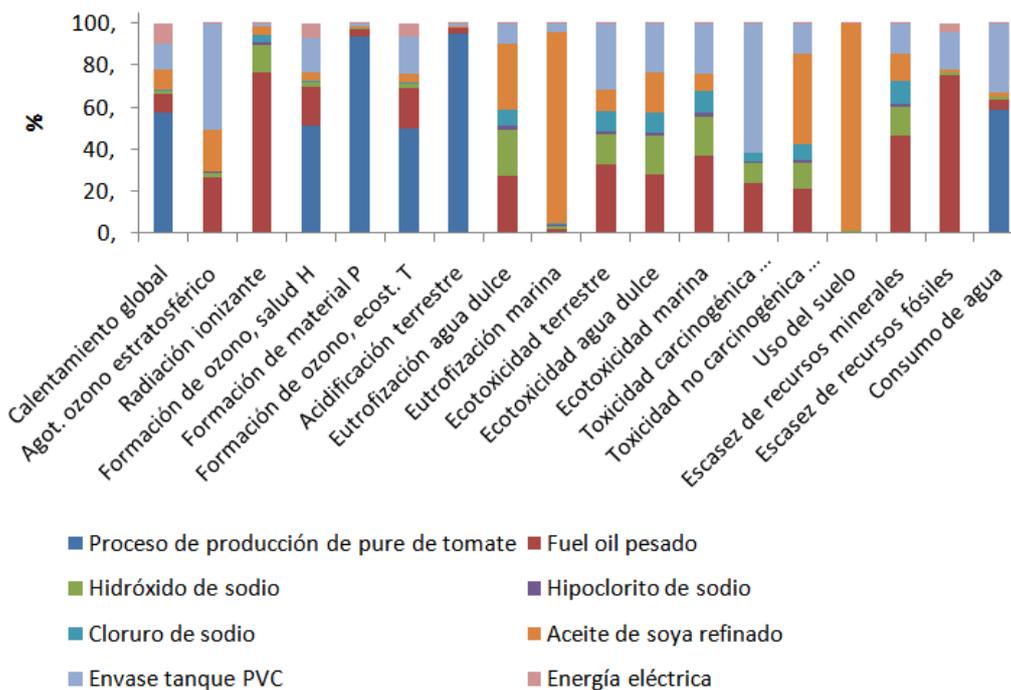


Figura 2. Análisis del proceso productivo por categorías de impacto, punto medio

La emisión de gases contribuye tanto a la formación de material particulado como a la acidificación terrestre, pues los gases emitidos a la atmósfera se combinan con el oxígeno del aire y el vapor de agua, transformándose en ácido sulfúrico y ácido nítrico que se depositan finalmente en la superficie terrestre por medio de las precipitaciones. Los elevados consumos de agua están dados fundamentalmente por el proceso de producción de puré de tomate y el tipo de envase empleado.

3.2.3 Evaluación de impacto usando el método Recipe punto final

Como se muestra en la Figura 3 la categoría de daños donde el producto tiene la mayor incidencia es sobre la salud humana, influyendo el proceso productivo y en menor medida el combustible utilizado y el tipo de envase, con valores de 138; 7,2 y 5,6 puntos respectivamente. Los daños asociados a los recursos se centran fundamentalmente en el tipo de combustible utilizado y los daños al ecosistema están dados por el proceso productivo y el tipo de combustible utilizado.

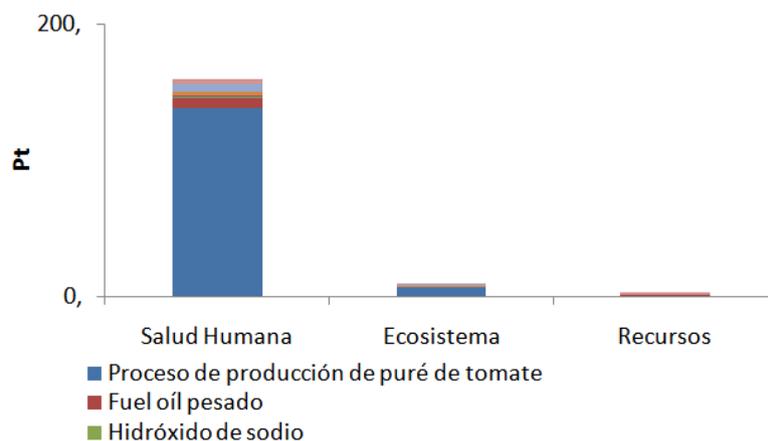


Figura 3. Análisis del proceso productivo por categorías de daños, punto final

Cuando se realiza la evaluación de las categorías de impacto con un enfoque de punto final, la puntuación mayor en puntos (Pt) se obtiene con la formación de partículas finas por la quema de combustible en la caldera (Figura 4). Estos resultados se corresponden con los obtenidos por Pérez et al., (2019) en el establecimiento Álvaro Barba.

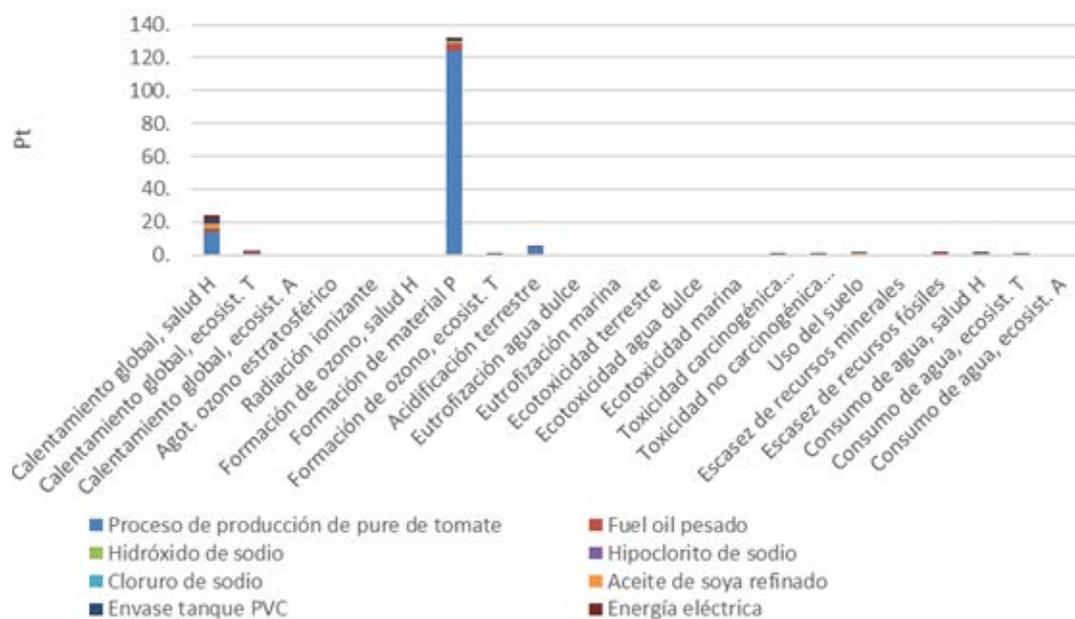


Figura 4. Análisis del proceso productivo por categorías de impactos, punto final

3.3 Implementación de medidas para mitigar la contaminación y comparación de resultados

Para disminuir los impactos asociados a la producción de puré de tomate en la fábrica, se propone la implementación de las siguientes medidas de P+L y tratamiento de residuos.

- ✓ Sustituir el combustible empleado en la caldera (fuel oil No 6 con un contenido de azufre de 3,97 %) por uno menos pesado (fuel oil No 4, con un contenido de azufre de 1,35 %), (EPA, 2000), (Alcántar y Cruz, 2011).
- ✓ Disminución del consumo de agua en un 50 % mediante la recirculación del agua

de la etapa de lavado a la de prelavado.

- ✓ Disminución de la carga orgánica en el residual líquido, mediante la recogida del material de desecho (semillas y cáscara) en la etapa de triturado y repasado y la disminución del caudal de agua residual emitido mediante la disminución del consumo de agua en el proceso, lo que incrementa el tiempo de retención del agua residual en el sistema de tratamiento, mejorando su eficiencia.
- ✓ Instalar un depurador de gases a la salida de la chimenea de la caldera.

La implementación de las medidas en el proceso de producción de puré de tomate (Tabla 2), permite una disminución en los daños a la salud humana (81,6 %), debido fundamentalmente, al cambio de combustible y al depurador de gases. En cuanto a los daños al ecosistema se obtiene una disminución del 67,8 %, tributando, tanto el cambio de combustible y el depurador de gases, como la disminución del consumo de agua.

Tabla 2. Comparación del impacto ambiental antes y después de implementar las medidas

| <i>Categoría de daños</i> | <i>Producción de puré de tomate antes de las medidas</i> | <i>Producción de puré de tomate después de las medidas</i> | <i>Diminución (%)</i> |
|---------------------------|--|--|-----------------------|
| Salud humana | 158,8126 | 29,1791 | 81,6 |
| Ecosistema | 8,7478 | 2,8124 | 67,8 |
| Recursos | 1,5318 | 1,5318 | 0 |

La implementación de las medidas en el proceso de producción muestra una disminución significativa de los impactos en las categorías de calentamiento global, tanto para la salud humana como para el ecosistema terrestre, disminuyendo el impacto un 54 %. En cuanto a la formación de material particulado y acidificación terrestre, se logra un 88 % de disminución del impacto en ambas (Figura 5).

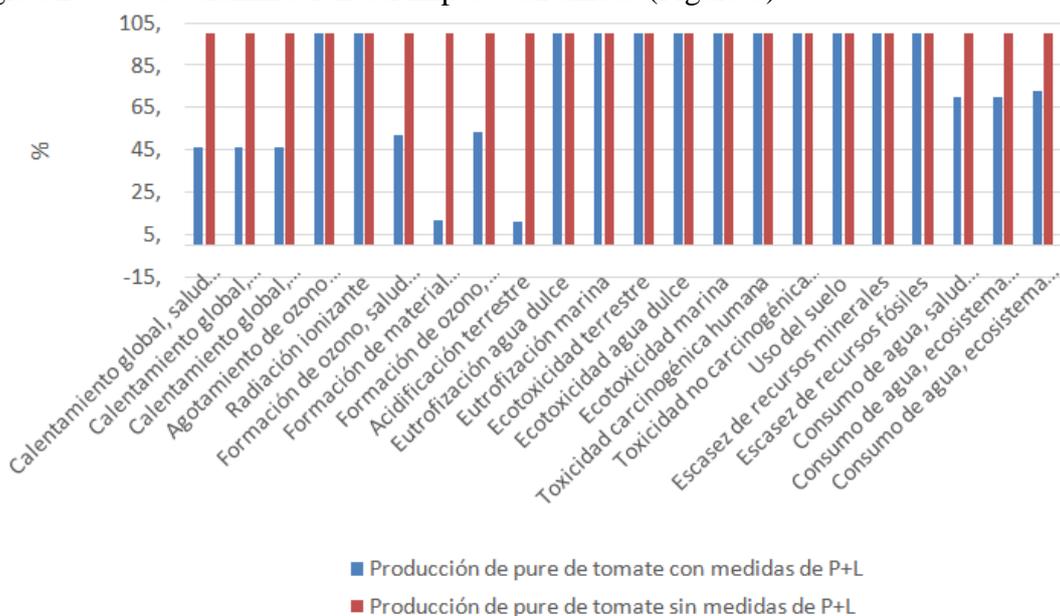


Figura 5. Comparación del proceso productivo antes y después de las medias de P+L

4. CONCLUSIONES

1. El ACV realizado, permitió cuantificar los impactos ambientales, demostrándose que las emisiones asociadas al proceso productivo, el uso de fuel oíl pesado y los envases utilizados contribuyen con mayores porcentajes en la mayoría de las categorías de impacto.
2. El uso de combustible pesado en las calderas de la entidad para la generación de vapor, representó la mayor contribución al impacto ambiental en varias categorías de impacto, entre las que se destacan el cambio climático y la formación de material particulado, alcanzando esta la mayor calificación en puntos.
3. Con la aplicación de las medidas propuestas se puede lograr reducciones de impactos por encima del 50 % en la mayoría de las categorías.

REFERENCIAS

- Alcántar, F.S., y Cruz, M.J., Análisis de la distribución de azufre en productos, emisiones de SOx y la recuperación del mismo en el sistema nacional de refinación., Revista Internacional de Contaminación Ambiental, Vol. 27, No. 2, 2011, pp. 153-163.
- APHA-AWWA-WEF., Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater., 21th ed. Washington DC, USA, 2005, pp. 56-105.
- Cañizares, G., Propuesta y aplicación práctica de una metodología para la elaboración del diagnóstico ambiental en la Oficina Territorial de Normalización de Villa Clara., Tesis presentada en opción al Grado Científico de Máster en Seguridad Tecnológica y Ambiental, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Cuba, 2006.
- CITMA., Metodología para la ejecución de los diagnósticos ambientales y la verificación del cumplimiento de los indicadores establecidos en la resolución CITMA 135/2004 para la obtención del Reconocimiento Ambiental Nacional (RAN)., CITMA La Habana, Cuba, 2012, pp. 5-21.
- EPA., Regulatory Impact Analysis: Heavy-duty engine and vehicle standards and highway diesel fuel sulfur control requirements., Environmental Protection Agency, Washington, D.C., USA, 2000, pp. 354-425.
- Hanif, I., & Gago-de-Santos, P., The importance of population control and macroeconomic stability to reducing environmental degradation: An empirical test of the environmental Kuznets curve for developing countries., Environmental Development, Vol. 23, 2017, pp. 1-9.
- Lopes, J., Medeiros, D.L., & Kiperstok, A., Combining cleaner production and life cycle assessment for reducing the environmental impacts of irrigated carrot production in Brazilian semi-arid region., Journal of Clean Prod, Vol. 170, 2018, pp. 924-939.
- Meneses, Y., Rosa, E., y Guerra, B., Análisis de ciclo de vida de la carne de res del matadero Chichí Padrón., Centro Azúcar, Vol. 43, No. 3, 2016, pp. 84-93.
- NC 27., Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado., Especificaciones. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba, 2012, pp. 7-13.

- NC ISO 14040., Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida., Principios y marco de referencia. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba, 2009, pp. 6-17.
- NC ISO 14044., Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida., Requisitos y directrices. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba, 2009, pp. 9-15.
- Pérez, M.T., Guerra, B.F., Rosa, E., Brito, A., Dupin, M., e Ibarra, E.V., Evaluación de impacto ambiental en la fábrica Álvaro Barba, empresa “Los Atrevidos”., Centro Azúcar, Vol. 46, Edición Especial Dedicada al VII Simposio Internacional de Química (*SIQ 2019*), IV Simposio Internacional “Seguridad Tecnológica y Ambiental”, 2019, pp. 108-113.
- Quesada, W., Contreras, A.M., Rosa, E., & Gallardo, I., Environmental impact evaluation of the industry of panela, by life cycle analysis., *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*, Vol. 2, No. 1, 2017, pp. 176-179.
- Sánchez, M.T., Residuos generados en la industria de transformados de productos vegetales y sus aprovechamientos., *Alimentación, equipos y tecnología.*, Madrid: Alción, Vol. 22, No. 176, 2003, pp. 92-99.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- Dra.C. Maira María Pérez Villar. Realizó el estudio, análisis y escritura del artículo.
- Dr.C. José Antonio Fabelo Falcón. Realizó el análisis de las medidas de P+L y revisión del artículo.
- M.Sc. Francisco Pedroso Anoceto. Realizó el diagnóstico ambiental de la fábrica.
- Dra.C. Belkis F. Guerra Valdés. Participó en el análisis de los resultados del ACV y en la revisión del artículo.
- Dra.C. Elena R. Rosa Domínguez. Realizó la corrida de los datos en el Software y análisis de los resultados, participó en la revisión del artículo.