

# Evaluación de producción más limpia en el proceso de leche y derivados de la soya

*Evaluation of cleaner production in the production of milk and soy derivatives*

*MSc. Elisa María Chou-Rodríguez, echou@ucf.edu.cu, MSc. Yolanda García-Martínez, Aliena de la Caridad Bermúdez-Chou, MSc. Laimí Pisch-Vidal*

*Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba*

## Resumen

En el presente trabajo se realizó una evaluación de Producción Más Limpia (PML) en la Producción de Leche y Derivados de la Soya de la Empresa de Productos Lácteos Escambray (EPLÉ), que tuvo como objetivo identificar los principales problemas que afectan el proceso productivo de esta unidad y ofrecer alternativas de soluciones en el análisis de las operaciones unitarias críticas. Para la realización de esta investigación fue necesario apoyarse en técnicas de manejo tales como: exploración y recorrido en planta, identificación de malas prácticas, revisión de documentos, criterios de expertos, tormentas de ideas, balances de masa y energía, así como evaluaciones económicas. Como resultado se identificaron los puntos claves donde se producen los residuos y las ineficiencias en el proceso; además, a través del estudio se determinaron las malas prácticas de operación y se cuantificaron las pérdidas, se propuso la implementación de un sistema de recuperación de condensado con ventajas económicas y un periodo de recuperación de la inversión de seis meses y medio. Finalmente, se propone un plan de acción de producción más limpia que mejore tanto el desempeño ambiental y su incidencia en los ecosistemas aledaños, como la competitividad de la fábrica.

**Palabras clave:** producción más limpia, productos lácteos derivados de la soya, residuales generados por empresas lácteas.

---

## Abstract

In the present work, an evaluation of Cleaner Production (PML) in the Production of Milk and Derivatives of the Soy of the Escambray Milk Product Company (EPLÉ), was carried out which had as objective to identify the main problems that affect the productive process of this unit and to offer alternative solutions in the analysis of critical unit operations. In order to carry out this research, it was necessary to support on management techniques such as: exploration and route in the plant, identification of bad practices, review of documents, expert criteria, brainstorming, mass and energy balances, as well as economic evaluations. As a result, the key points where waste is produced and inefficiencies in the process were identified; In addition, through the study, poor operating practices were determined and losses were quantified, the implementation of a condensate recovery system with economic advantages and a six and a half month investment recovery period was proposed. Finally, a cleaner production action plan is proposed that improves both the environmental performance and its impact on the surrounding ecosystems, as well as the competitiveness of the factory.

**Keywords:** cleaner production, dairy products derived from soy, waste generated by dairy companies.

## Introducción

La creciente sensibilidad y conciencia ecológica de la opinión pública ha contribuido a que la protección ambiental constituya uno de los objetivos prioritarios de la sociedad actual. El cumplimiento de este objetivo representa un gran reto que supone la mejora de la calidad de vida y la salud de la población por medio del desarrollo sostenible sin perjuicio del avance competitivo de la economía, así como la creación de empleo, aspectos a los que la política ambiental debe contribuir /1/.

Como respuesta a los problemas medioambientales surge en los años ochenta el concepto de Desarrollo Sostenible, que es aquel tipo de desarrollo que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras. En el caso de la industria, el concepto de desarrollo sostenible debe traducirse en el compromiso de fijar y lograr metas de funcionamiento que reduzcan las emisiones de sustancias nocivas, así como en el compromiso de aceptación de su responsabilidad sobre los productos que fabrican/2/.

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Producción más Limpia es “la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia total y reducir los riesgos para el ser humano y el Medio Ambiente, en los procesos productivos, involucra la conservación de materias primas, agua y energía con la disposición de materiales tóxicos y peligrosos y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y residuos en la fuente, el proceso. En productos, la producción más limpia ayuda a reducir el impacto ambiental, en la salud y en la seguridad de los productos durante todo su ciclo de vida”/3/.

La industria alimenticia y en particular la industria láctea generan impactos ambientales por sus actividades relacionadas con el uso, aprovechamiento o afectación de recursos naturales renovables y no renovables. Se ha insistido que la combinación de buenas prácticas operacionales y una gestión integral en el manejo del agua, la energía y los residuales constituyen la clave tanto para el desempeño ambiental de estas plantas como para el logro de una competitividad en el plano económico /4/.

Los principales impactos ambientales de la industria láctea desde el punto de vista de afectación de los recursos naturales, están asociados con la generación de aguas residuales (como vertimientos orgánicos (provenientes de los restos de productos lácteos) e inorgánicos (generados por los procesos de aseo y desinfección), de subproductos orgánicos (sueros de quesería), de residuos peligrosos (productos contaminados con aceites usados, lubricantes y reactivos de laboratorios) y en un menor grado, emisiones atmosféricas cuando existen procesos de combustión para generación de energía térmica (calderas) /5/.

Recientemente, investigadores de la Universidad de Oriente han caracterizado en términos ambientales el Combinado Lácteo de Bayamo [6]. Para ello aplicaron una evaluación cualitativa y cuantitativa de los riesgos e impactos identificados (HAZOP, en inglés, Hazard and Operability) y analizaron sus consecuencias. Los autores concluyen que los impactos que más severamente se manifiestan son la contaminación de las aguas subterráneas, el suelo y la atmósfera y los principales impactos negativos se deben fundamentalmente al mal estado técnico del sistema de tratamiento de residuales líquidos.

Estudios e informes realizados por Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos en el período comprendido entre los años 2013-2015 en la Empresa de Productos Lácteos Escambray (EPL), de cierta manera coinciden con la investigación anteriormente referida, pues se concluyó que por ineficiencia en la planta de residuales diseñada para este fin existen problemas con el tratamiento y disposición de los residuales líquidos, y materias orgánicas generados en sus procesos productivos.

Esta empresa perteneciente al municipio de Cumanayagua, está formada por tres UEB de producción: Helados, Quesos y Producción de Leche y Derivados de la Soya. Es preciso reconocer que tiene diseñada una Estrategia de Gestión Ambiental, pero su grado de implementación ha resultado insuficiente y la institución fabril es frecuentemente señalada por su bajo desempeño ambiental, tanto por los organismos encargados del tema, como por la comunidad/7/.

Por otra parte, la importancia económica y social de la Empresa en el territorio exige la solución de aquellos problemas asociados a manejos y prácticas inapropiadas en operaciones unitarias críticas, sobre todo de las variables agua y energía, que puedan ser identificadas mediante una evaluación conjunta de técnicos de la fábrica e investigadores usando la metodología de PML, flexible,

preventiva y dirigida en este caso a los procesos, quedando definido el objetivo de este trabajo /8/.

**Desarrollo**

Al realizarse un recorrido exploratorio conjunto de técnicos e investigadores por las diferentes unidades de la empresa, se determinó que la UEB Producción de Leche y Derivados de la Soya es la unidad con mayor incidencia en los impactos ambientales de esta empresa. Para lograr una mejor comprensión de las unidades de proceso implicadas en esta planta se presenta la figura 1.

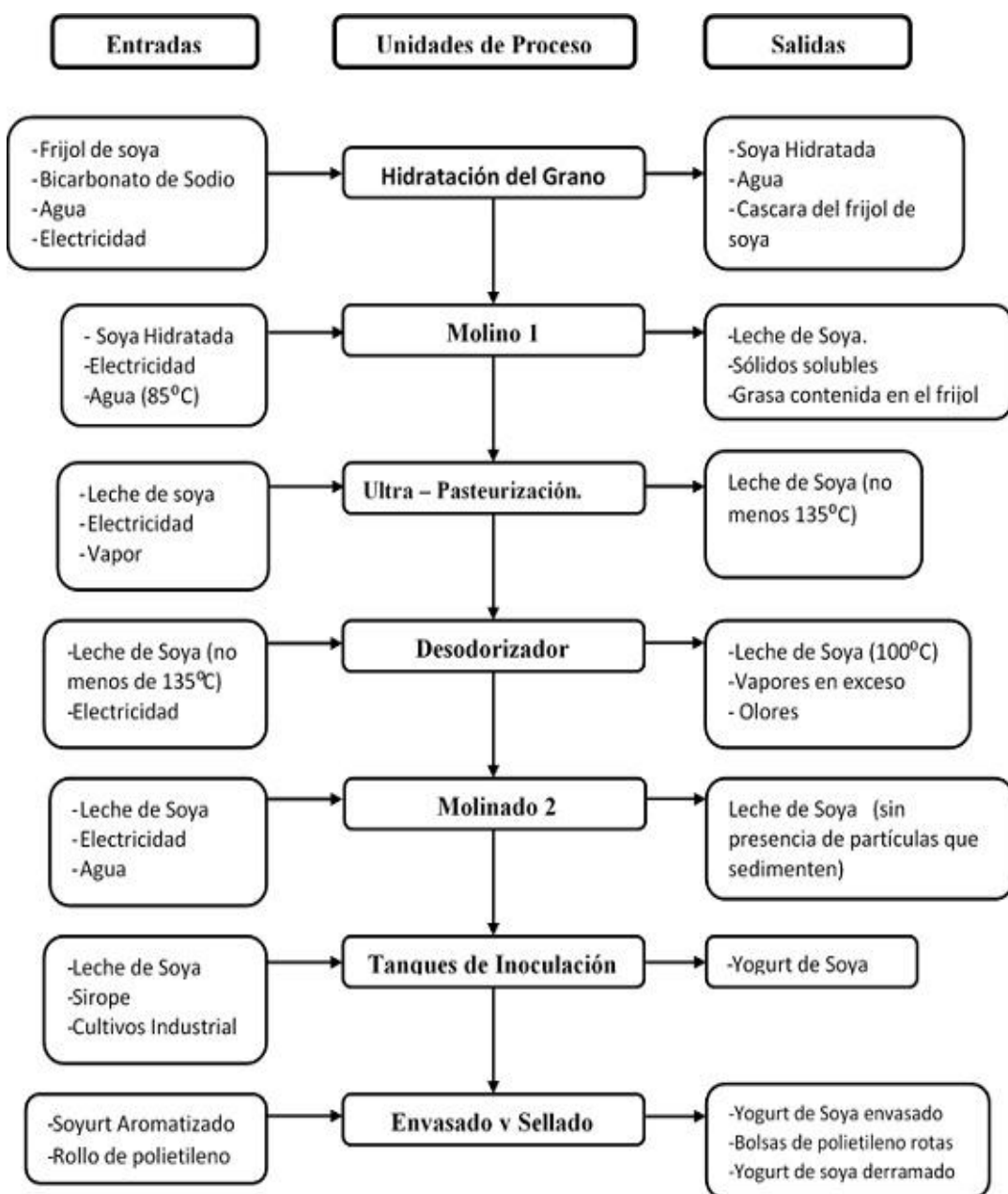


Fig. 1 Diagrama cualitativo de entrada y salida de productos.

Como se puede apreciar en la figura 1, al realizar una simple inspección por el proceso productivo, se pudo conocer todas las entradas y salidas del proceso, así como el lugar donde se generan los residuos como son cascara de soya, líquidos provenientes de las diferentes etapas del proceso, bolsas de polietileno, gases y olores desagradables.

Esta planta exhibe un elevado consumo de agua y energía que representa el 52,7 % y el 27,8 % respectivamente del total de la entidad, como se muestra en la tabla 1, por lo que este trabajo se centra en la aplicación de medidas de producciones más limpias a esta fábrica.

**Tabla 1**  
**Comportamiento del consumo de agua y electricidad en la EPLE**

<b>Portador</b>	<b>Consumo de Agua (m<sup>3</sup>). 2015</b>	<b>Consumo de Electricidad (kW/h). 2015</b>
Empresa de Productos Lácteos	275 648	5 584 055
UEB Producción de Leche y sus derivados	145 458	1 557 642

Al realizar el reconocimiento de la planta, mediante una simple inspección visual se obtienen como impactos ambientales más importantes asociados al proceso los siguientes:

Pisos de la planta en mal estado, lo que provoca acumulación de agua de limpieza y que se tornen resbaladizos dificultando el movimiento de los operarios.

Derrame de materias primas motivado por distribuciones en exceso por parte del almacén, estas se acumulan por no ser consumidas en el día.

Derrame de frijol de soya y agua bicarbonatada en la etapa de hidratación del grano.

Derrame de pequeños volúmenes de residuales líquidos de forma discontinua por tuberías durante el proceso, así como roturas imprevistas o fallas eléctricas producto de la tecnología muy vieja.

Se aprecian salideros de vapor en tuberías que alimentan los tanques de cultivo y la caseta de bombeo del fuel oil, además de presentar deficiencias en el aislamiento.

- Derrame de agua utilizada en las diferentes etapas de la planta (agua procedente del tanque elevado del calefactor, agua utilizada en las operaciones de los equipos y limpieza química de la planta) motivado por deterioro de la planta.
- Derrame del condensado en la etapa de ultra - pasteurización de la línea de yogurt de soya.
- Producciones defectuosas y pérdidas de producto motivado por problemas de calidad de las materias primas.

Se puede apreciar que esta es una herramienta muy útil cuando se desea conocer los impactos medioambientales asociados a un proceso, brindando información valiosa para establecer prioridades a la hora de dar solución a los problemas mencionados.

Para la selección de las principales deficiencias y problemas relacionados con las prácticas inapropiadas en la fábrica y deficiencias en procesos, se sometieron a criterios de expertos los problemas detectados y relacionados arriba. La convergencia observada en los criterios de expertos fue determinada por el coeficiente de concordancia de Kendall. Para el cálculo de este coeficiente se confeccionó una matriz con los criterios de los expertos. El coeficiente determinado muestra una alta convergencia de 0,91. El resultado de esta consulta se muestra en la tabla 2, /8/.

**Tabla 2**  
**Selección de los problemas identificados**

Orden	Problemas identificados
1	Pérdidas de calor en la zona de retención por problemas de aislamiento térmico.
2	Salideros de agua en el tanque elevado del calefactor.
3	Derrame del condensado en la etapa de ultra - pasteurización de la línea de yogurt de soya.
4	Derrame de frijol de soya y agua bicarbonatada en la etapa de hidratación del grano.
5	Salidero de vapor en tuberías próxima a la caseta de bombeo de fuel oil.
6	Salidero de vapor en la tubería que alimenta a los tanques de cultivos.
7	Salidero de aire en la máquina de embolsado de Yogurt de Soya.
8	Salidero de agua por bajante de la línea de recibo.

La cuantificación de pérdidas fue centrada en el problema N° 4 asociado al derrame de frijol de soya y agua bicarbonatada en la etapa de hidratación del

grano y en el problema N° 2 relacionado con el salidero de agua en el tanque elevado del calefactor y significan cada una:

1. Derrame de un total de 7 712 m<sup>3</sup> de agua bicarbonatada al año para un importe de 9 195 pesos en moneda nacional, lo cual representó el 19 % del agua consumida en la elaboración de Yogurt de Soya.
2. Derrame al año 2 560 kg de soya por concepto de inadecuadas prácticas, con un importe de 2 362,8 pesos al año.
3. El balance de energía practicado en el tanque de calefacto de leche, detecta la no recuperación de 489 888 kg/año de agua, por lo que se perdieron 19 595 520 kcal/año de energía. Por otra parte, al desechar el agua condensada del ultra - pasteurizador, se calcula una pérdida de combustible de 2,10 m<sup>3</sup>/año de diesel.

Una vez determinado estos datos por los balances de masa y energía se aplican técnicas de producciones más limpias en el proceso estudiado, donde se encuentran potencialidades de ahorro en:

Implementar un sistema de recirculación del agua condensada. El volumen del condensado es igual al volumen de agua evaporada dentro de la caldera. Es por esto que el volumen del agua permanecerá constante, pero como existen fugas en algunas tuberías del ciclo de vapor, se recomendó la instalación de un tanque para almacenar los condensados y poder controlar el volumen de agua utilizado dentro del ciclo, con un tanque flash se disminuye la temperatura del condensado evitando la cavitación de la bomba. En la figura 2 se muestra el diagrama de flujo con la instalación propuesta.

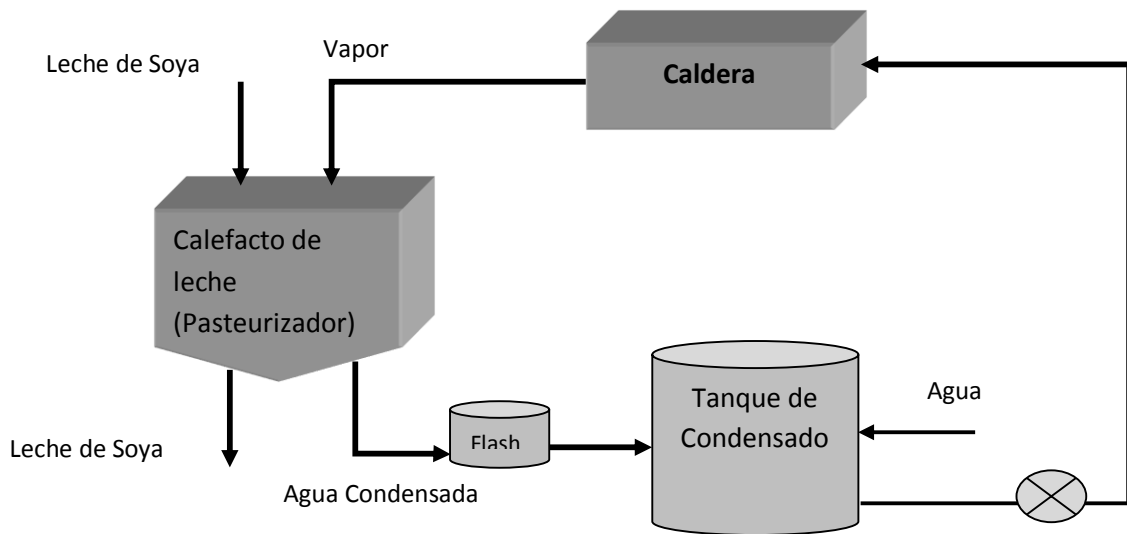


Fig. 2 Diagrama de flujo para la recuperación del condensado en la etapa analizada.

Para la realización de este estudio se tuvo en cuenta que el valor promedio del diesel es \$20,50 CUP por galón, entonces se obtuvo un ahorro de:

$$Ahorro = 555,43 \frac{\text{gal diesel}}{\text{año}} \times \frac{\$20,50}{1 \text{ galon diesel}} = \frac{\$11\ 386,32}{\text{año}}$$

Considerando que cada galón de diesel es equivalente a 0,0122 toneladas de dióxido de carbono según estudios realizados por el Centro Guatemalteco de Producciones más Limpias, (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2009) [9] la reducción de gases de efecto invernadero será:

$$Reducción\ de\ CO_2 = 555,43 \frac{\text{gal diesel}}{\text{año}} \times \frac{0,0122 \text{ ton}CO_2}{1 \text{ gal diesel}} = 6,8 \frac{\text{ton}CO_2}{\text{año}} = 6\ 800 \frac{\text{kg}CO_2}{\text{año}}$$

Con la implementación de este sistema de recuperación se ahorraron 11 386,32 pesos al año de diesel y una reducción de 6 800 kg de CO<sub>2</sub> al año que se dejaron de emitir a la atmosfera, con la consiguiente disminución de los impactos ambientales.

Al calcular el período de recuperación de la inversión (PRI) se demuestra que la opción presentada es económicamente factible para la empresa pues este indicador demuestra que sólo seis meses y medio después de la inversión se ha recuperado el capital invertido.



**Tabla 3**  
**Pronósticos de gastos e ingresos para la inversión**

	Inversión	Costos estimados anuales	Beneficios económicos esperados anuales	PRI(años)
Recirculación de condensado	7 121,45	0,00	11 386,32	0,63

Fuente. Empresa de Productos Lácteos Escambray

Finalmente se propone a la dirección de la empresa un plan de mejoras con el objetivo de minimizar los impactos ambientales que se generan en el proceso productivo, estableciendo los responsables y el término en que deben ser cumplidas estas medidas.

## Conclusiones

- 1. Con la realización de este trabajo se demostró las posibilidades de aplicar técnicas de Producción más Limpia con ventajas económicas y ambientales en industrias alimenticias similares a la fábrica objeto de estudio, y con la aplicación de esta metodología se pudieron detectar problemas, sus causas y se propusieron posibles soluciones, así como un plan de mejoras con el fin de mitigar estas pérdidas e impactos.**

## Bibliografía

1. CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE. (s. f). Guía Buenas Practicas Medioambientales en el Sector Lácteo. Universidad Central De Las Villas: Editorial: Unidad de producción del Ministerio de educación Superior, 2010.
2. MASERA, D. (2004). La Producción más Limpias y el Consumo Sustentable en América Latina y el Caribe.pdf. Oficina Regional para América latina y el Caribe pág. 6-10.
3. PNUMA. (2004). La Producción Más Limpia y el consumo sustentable en América Latina y el Caribe. México:Editorial y Litografía Regina de los Ángeles, San Simón Ticumac, 03660 México, D.F Available at: [www.pnuma.org/industria/documentos/pmlcp00e.pdf](http://www.pnuma.org/industria/documentos/pmlcp00e.pdf).
4. CHOU RODRÍGUEZ, E. M. (2012). Evaluación y aplicación de estrategias de Producción más Limpia en la Sección Recepción, Limpieza y Maceración del Maíz, de La Empresa de Glucosa Cienfuegos. (Tesis de Maestría). Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.

5. LUQUETF, M. (1995). Leche y Productos Lácteos. Prevención de la contaminación en la Industria Láctea. Bolivia. Depósito Legal: 4-1-710-03. 256 páginas. Recuperado a partir de: <http://www.cpts.org/prodlimp/guias/Cueros/Capitulo5.pdf>.
6. ÁRIAS LAFARGUE, T, CÁRDENAS MENDOZA, L., “Impactos y riesgos ambientales en el Combinado Lácteo de Bayamo. Cuba (Parte I)”. *Tecnología Química*, mayo- ago. 2016, vol 36, núm. 2, pp. 176-186. Santiago de Cuba.
7. CHOU RODRÍGUEZ, E. M., GARCÍA MARTÍNEZ, Y., ALVARADO VELAZQUEZ, C., GONZÁLEZ CUELLAR, D. Experiencia de la aplicación de los principios de la Producción Más Limpia en la Empresa de Productos Lácteos Escambray. 18 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. 21 -25 de noviembre de 2016. Palacio de las Convenciones. La Habana.
8. GONZÁLEZ CUELLAR, D. “Evaluación de Producción Más Limpias en la Producción de Yogurt de Soya de la Empresa de Productos Lácteos Escambray”. Tutora: Elisa M. Chou. Tesis de Grado. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Cienfuegos, 2016.
9. CENTRO GUATEMALTECO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. Introducción a los conceptos y prácticas de Producción más Limpia. Guatemala: CGP+L, 2009.