

# Evaluación del impacto ambiental de una planta de lácteos en Costa Rica

## Environmental impact assessment of a dairy plant in Costa Rica

Kelvin Arce-Villalobos<sup>1</sup>, Alejandro Arias-Castro<sup>2</sup>,  
Yuliana González-Jiménez<sup>3</sup>, Karina Hernández-Ugalde<sup>4</sup>,  
José Carlos Mora-Barrantes<sup>5</sup>

*Fecha de recepción: 3 de febrero de 2020*  
*Fecha de aprobación: 10 de mayo de 2020*

Arce-Villalobos, K; Arias-Castro, A;  
González-Jiménez, Y; Hernández-Ugalde, K;  
Mora-Barrantes, J.C. Evaluación del impacto ambiental de una planta de lácteos en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 34-3 Julio-Setiembre 2021. Pág 83-95.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v34i3.4919>

- 1 Químico Industrial, Estudiante de Licenciatura en Química Industrial, Universidad Nacional (UNA), Escuela de Química, Costa Rica. Correo electrónico: [kelvin.arce.villalobos@est.una.ac.cr](mailto:kelvin.arce.villalobos@est.una.ac.cr).  
 <https://orcid.org/0000-0002-7722-3275>
- 2 Químico Industrial, Estudiante de Licenciatura en Química Industrial, Escuela de Química, Universidad Nacional (UNA), Costa Rica. Correo electrónico: [luis.arias.castro@est.una.ac.cr](mailto:luis.arias.castro@est.una.ac.cr).  
 <https://orcid.org/0000-0001-5655-1029>
- 3 Laboratorista Química, Estudiante de Licenciatura en Química Industrial, Escuela de Química, Universidad Nacional (UNA), Costa Rica. Correo electrónico: [yuliana.gonzalez.jimenez@est.una.ac.cr](mailto:yuliana.gonzalez.jimenez@est.una.ac.cr).  
 <https://orcid.org/0000-0003-4956-3720>
- 4 Química Industrial, Estudiante de Licenciatura en Química Industrial, Escuela de Química, Universidad Nacional (UNA), Costa Rica. Correo electrónico: [karina.hernandez.ugalde@est.una.ac.cr](mailto:karina.hernandez.ugalde@est.una.ac.cr).  
 <https://orcid.org/0000-0002-9248-4828>
- 5 Investigador y académico, Laboratorio de Química de la Atmósfera (LAQAT), Escuela de Química, Universidad Nacional (UNA), Costa Rica. Correo electrónico: [jose.mora.barrantes@una.cr](mailto:jose.mora.barrantes@una.cr).  
 <https://orcid.org/0000-0002-0409-5276>



## Palabras clave

Industria; lácteos; gestión ambiental; evaluación de impacto ambiental; aspecto e impacto ambiental; sostenibilidad.

## Resumen

La Gestión Ambiental (GA), como paradigma funcional de los procesos de control y sostenibilidad de actividades planificadas, incorpora la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) como estrategia de análisis para garantizar una ejecución ambientalmente racional y sostenible de acciones en diferentes ámbitos. La industria de lácteos figura como un sobresaliente generador de Impactos Ambientales (IAs), los cuales requieren ser analizados como medida de contingencia para la protección del ambiente. En el presente estudio se desarrolló la identificación, valoración y priorización de aspectos ambientales (AAs) e impactos ambientales (IAs) de una planta de lácteos. La identificación de los AAs se realizó mediante vistas de campo, entrevistas a funcionarios de la planta, sesiones de análisis con autoridades de la empresa, aplicación de lista de verificación, análisis del proceso productivo, entrevistas con expertos en el tema y revisión bibliográfica relacionada. La evaluación, valoración y priorización de los AAs e IAs se realizó mediante la aplicación de la Matriz de Importancia de Impacto Ambiental (MIIA), utilizando criterios de campo recopilados durante el proceso de identificación de los aspectos ambientales. Se identificaron nueve AAs y cuatro IAs; siendo el AA denominado consumo de agua el más crítico para el ambiente, producto del alto consumo y consecuente agotamiento del recurso hídrico. Los tres principales IAs de carácter negativo al ambiente encontrados fueron: consumo de agua, abastecimiento externo de energía eléctrica y emisiones de olores; con valores de impacto ambiental de -87, -65 y -52, respectivamente.

## Keywords

Industry; dairy; environmental management; environmental impact assessment; environmental aspect and impact; sustainability.

## Abstract

The Environmental Management (EM), as a functional paradigm of the processes of control and sustainability of planned activities, incorporates the Environmental Impact Assessment (EIA) as an analysis strategy to guarantee an environmentally and sustainable execution of actions in different fields. The dairy industry is listed as an outstanding generator of Environmental Impacts (EIs), which need to be analyzed as a contingency measure for environmental protection. In the present study, the identification, assessment and prioritization of environmental aspects (EAs) and environmental impacts (EIs) of a dairy plant was developed. The identification of the AAs was carried out through field views, interviews with plant officials, analysis sessions with company authorities, application of a checklist, analysis of the production process, interviews with experts in the subject and related bibliographic review. The evaluation, valuation and prioritization of AAs and IAs was carried out through the application of the Environmental Impact Importance Matrix (MIIA), using field criteria compiled during the process of identifying environmental aspects. Nine AAs and four IAs were identified; being the AA called water consumption the most critical for the environment, due to high consumption and consequent depletion of the water resource. The three main AAs of a negative nature to the environment were: water consumption, external power supply and odor emissions; with environmental impact values of -87, -65 and -52, respectively.

## Introducción

La Gestión Ambiental (GA) engloba un sólido movimiento estructurado de gestión de la calidad y sostenibilidad del medio ambiente desde 1980, la cual pretende establecer esquemas de evaluación integrada, como medio para su incorporación en la toma de decisiones en las etapas del ciclo de planificación en diversos ámbitos sociales, económicos y productivos [1].

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) puede considerarse como un instrumento de GA, el cual implica el análisis y evaluación de actividades planificadas para garantizar su desarrollo de forma ambientalmente racional y sostenible; por lo que se considera una herramienta eficaz en la toma de decisiones, planificación e identificación del tipo, magnitud y cambios en el entorno como resultado de una actividad o política [2].

El fortalecimiento de planes, procedimientos y reglamentos asociados con la gestión ambiental ha permitido a través del tiempo que los procesos y sistemas productivos mejoren su rendimiento, en tanto, su cumplimiento se ejecute a través de una interacción sinérgica con protocolos de calidad, lo que resulta especialmente crítico e inminente para aquellos procesos caracterizados por propiciar el desarrollo de Aspectos Ambientales (AAs) que atentan con la sostenibilidad del medio ambiente [3].

En este sentido, la multiplicidad de productos lácteos que contempla un sistema contemporáneo de producción de dichos bienes engloba un sinnúmero de beneficios para el hombre; sin embargo, están sujetos a grandes cantidades de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) e Impactos Ambientales (IAs) principalmente en el agua, aire y suelo [4].

Cualquier derivado lácteo se obtiene tras haber concretado al menos las etapas de *Producción de Leche* (PL), *Manufactura* (M) y *Empaquetado* (E). El proceso de producción de leche contempla múltiples impactos ambientales, pero en especial, emisiones acumulativas de GEI, los cuales se atribuyen principalmente a la forma de alimentación vacuna, método de producción de leche y manejo de estiércol. Por su parte, la etapa de manufactura demanda procesos térmicos, conversión de materia prima, limpieza, saneamiento, entre otros; los cuales generan emisiones a la atmósfera, alto consumo de energía y agua, generación de residuos sólidos e higiénicos, entre otros aspectos. El empaquetado involucra impactos según el sistema empleado, sin embargo, el uso de energía y generación de residuos figuran como las principales afectaciones ambientales de esta etapa [5].

Es por esto, que la problemática ligada a dichos patrones de trabajo demanda concretar una adecuada y responsable GA en la industria de lácteos de manera que, a través del establecimiento de evaluaciones y mediciones de desempeño ambiental, sea posible prevenir las consecuencias de la utilización insostenible de los recursos y los IAs adversos [6].

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo evaluar el impacto ambiental de una planta de lácteos en Costa Rica, mediante la identificación, valoración y priorización de los aspectos e impactos ambientales, utilizando como insumo principal la metodología denominada Matriz de Importancia de Impacto Ambiental (MIIA).

## Metodología

Este artículo, refleja la EIA realizada en una planta de producción de lácteos en Costa Rica, mediante el análisis del proceso de producción de los productos de mayor demanda. El estudio fue realizado por un período de 5 meses (julio a noviembre del 2019), mediante la realización de visitas a las instalaciones de la planta de lácteos. La evaluación se realizó según las siguientes tres etapas:

### 1. Identificación de aspectos e impactos ambientales

Se realizó un total de 6 visitas a las instalaciones de la planta de producción de lácteos. Durante las inspecciones de campo, se identificaron las entradas y salidas del proceso productivo y sus principales materias primas e insumos, se estudió el diagrama general del proceso mediante el uso de balances de masa y energía. Además, se ejecutaron entrevistas, encuestas, listas de chequeo y reuniones con grupos focales de la industria en estudio. Se realizaron además reuniones con expertos internos (de la empresa) y externos en el tema de evaluación y gestión ambiental.

Producto de las actividades mencionadas, se generó una base de datos con los AAs e IAs del proceso productivo de la empresa de lácteos.

### 2. Valoración de los aspectos e impactos ambientales

La valoración del impacto ambiental (IA) de cada aspecto ambiental (AA) se realizó utilizando la Matriz de Importancia de Impacto Ambiental (MIIA) descrita en el Anexo 2 del decreto costarricense N°32966 *Manual de instrumentos Técnicos para el proceso de Evaluación del Impacto Ambiental* denominado “Instrumento para la valoración de impactos ambientales” [7]. La escogencia de los criterios a incluir en la MIIA se realizó mediante la información recopilada en el trabajo de campo y con base al criterio de los encargados de la empresa y expertos externos en el tema. En el cuadro 1 se incluyen los factores de evaluación (signo, extensión, intensidad, momento, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, acumulación, sinergia, efecto y periodicidad) que utiliza la MIIA para la evaluación del IA de cada AA. Se incluye además en el cuadro los criterios de campo utilizado para definir el valor del factor incluido en la MIIA, en este caso en particular, se incluye en el cuadro 1 información relativa al IA del AA denominado “Emisiones de fuentes fijas”.

### 3. Priorización de aspectos e impactos ambientales

El valor de importancia del IA de cada AA se determinó mediante la ecuación 1:

$$I = \pm (3IN + 2EX + MO + PE + PV + SI + AC + EF + PR + MC) \quad (\text{Ecuación 1})$$

La priorización de cada AA e IA se realizó mediante las escalas de valoración de impacto e importancia del impacto incluidas en el cuadro 2. De esta forma un AA puede ser clasificado en; irrelevante negativo, crítico negativo, severo positivo, irrelevante positivo, entre otros.

Posteriormente, se agruparon los AAs según el componente ambiental (Aire, Agua, Suelo y Recursos Naturales) sobre el cual recae el IA, asignándose un valor de IA (sobre determinado componente ambiental) resultante del promedio de los valores individuales de importancia de cada IA.

**Cuadro 1.** Criterios utilizados para la valoración del AA “Emisiones de fuentes fijas”.

Factor de MIIA	Significado según MIIA	Criterios utilizados para valorar el aspecto ambiental	Factor MIIA	Significado según MIIA	Criterios utilizados para valorar el aspecto ambiental
Signo	Hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones.	(+): Se cuenta con un sistema de control de emisiones. (-): No se cuenta con un sistema de control de emisiones.	Reversibilidad (RE)	Posibilidad de reconstrucción del factor afectado por medios naturales: (1) menos de 1 año (2) de 1 año a 5 años (4) irreversible o dura más de 5 años.	Mismo criterio indicado en la MIIA.  Existencia de ventilación natural.
Intensidad (IN)	Grado de incidencia de la acción sobre el factor en términos de porcentaje del área del proyecto  Baja (1) Media (2) Alta (4) Muy alta (8) Total (12)	Porcentaje de área de la planta de lácteos, donde se desarrolla el AA.  (1): Área ≤ 20% (2): Área 21%-39% (4): Área 40%-59% (8): Área 60%-79% (12): Área ≥ 80%	Recuperabilidad (MC)	Posibilidad de reconstrucción, total o parcial, por medio de la intervención humana  Recuperable inmediato (1) Recuperable a medio plazo (2) Recuperable parcialmente (4) Irrecuperable (8)	Empresa cuenta con programas de gestión ambiental, responsable ambiental, política internas y control de emisiones.  (1): dispone con 4/4 (2): dispone con 3/4 (4): dispone con 1/4 (8): dispone con 0/4
Extensión (EX)	Porcentaje de área del entorno en que se manifiesta el efecto  Puntual (1) Parcial (2) Extenso (4) Total (8) Crítica (12)	Magnificación del AA en relación con el tratamiento aplicado:  (1): Lechería + 1 equipo con tratamiento (2): Lechería + varios equipos con tratamiento (4): Lechería + 1 equipo sin tratamiento (8): Lechería + varios equipos sin tratamiento (12): Leche + varios equipos sin tratamiento y en zona abierta	Acumulación (AC)	Incremento progresivo de la manifestación del efecto  Simple (1) Acumulativo (4)	Cantidad de días de la semana en que se generan las emisiones:  (1): ≤ 2 (4): > 2
Momento (MO)	Tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto  (1) tiempo mayor a 5 años (2) entre 1-5 años (4) tiempo inferior a 1 año (8) tiempo transcurrido nulo (+4) crítico	Con relación a los sistemas de tratamiento con que se cuenta:  (1): Localizados y generales (2): Localizados (4): Generales (8): Sin tratamiento	Sinergia (SI)	Cuando dos aspectos en el mismo medio ocurren de forma simultánea  (1) no sinérgico con otras acciones (2) sinergia moderada, su efecto se magnifica en un 30%. (4) altamente sinérgico, su efecto se magnifica en más de un 30%.	Existencia de otras actividades similares en un radio de 500 m:  (1): no existen actividades similares (2): existen en un radio > 500 m (4): existen en un radio < 500 m
Persistencia (PE)	Tiempo duración de retorno a condiciones iniciales por medios naturales o medidas correctoras  (1) efecto dura menos de un año (2) entre 1-5 años (4) superior a los 5 años	Existencia de protocolos para el control de las emisiones internas y alrededores  (1): Existe protocolo para control de emisiones y efecto en los alrededores (2): Existe protocolo para control de emisiones, pero solo internamente (4): No existe protocolo para control de emisiones internas y en alrededores	Efecto (EF)	Forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.  Indirecto (1) Directo (4)	Existencia o no de sistemas de tratamiento de emisiones:  (1): Existe (4): No existe
			Periodicidad (PR)	Regularidad en la manifestación del efecto  Irregular (1) Periódico (2) Continuo (4)	Regularidad en la manifestación del AA  (1): 1 día/semana (2): 2 días/semana (4): ≥ 3 días/semana

**Cuadro 2.** Priorización de los aspectos ambientales.

Importancia	Rango	Color	Priorización
Valores de importancia signo negativo			
Irrelevante negativo	< -25		Bajo
Moderado negativo	-25 a -50		Moderado
Severo negativo	-50 a -75		Severo
Crítico negativo	> -75		Alto
Valores de importancia signo positivo			
Crítico positivo	< +25		Bajo
Severo positivo	+25 a +50		Moderado
Moderado positivo	+50 a +75		Severo
Irrelevante positivo	> +75		Alto

## Resultados y discusión

### Identificación de aspectos e impactos ambientales

En total se identificaron 9 AAs y 4 IAs, siendo los principales AAs las emisiones a la atmósfera, el uso de combustibles y el consumo de agua y de energía eléctrica. En el cuadro 3 se incluyen los AAs e IAs identificados, así como las principales fuentes de generación en términos del espacio físico de la planta de lácteos y una descripción de estas.

Según el cuadro anterior, las principales fuentes generadoras de IA son las denominadas “Lechería” y “Producción de lácteos”. En el caso de la “Lechería” su principal AA es la generación de aguas residuales, procedentes principalmente del lavado de equipos y pisos, así como el aporte de aguas residuales de carácter especial, cuya fuente de generación es el suero de la leche, además la “Lechería” incide en la totalidad de IAs identificados. El componente ambiental sobre el cual recaen la mayor cantidad de AAs es el denominado aire, con tres AAs (Emisiones de fuentes fijas, Emisiones de olores y Uso de combustibles) generando un impacto ambiental definido como “Contaminación de la atmósfera”. En el caso de la “Producción de lácteos”, su principal AA es el “Consumo de agua” producto del lavado de pisos y equipos. Los IAs generados por la producción de lácteos son “Contaminación de agua superficial y subterránea” y “Agotamiento de recursos naturales”.

### Valoración y priorización de los aspectos e impactos identificados

Un ejemplo de la valoración de un aspecto ambiental en particular (Emisiones de fuentes fijas) según lo descrito por la matriz MIIA y los criterios de campo (ver cuadro 1), se muestra en el cuadro 4.

**Cuadro 3.** Aspectos e impactos ambientales identificados en la Planta de Lácteos.

Fuente	Descripción	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Componente Ambiental
Caldera y Lechería	Generación de gases de combustión producto de la quema de diésel para abastecimiento energético.	Emisiones de fuentes fijas	Contaminación de la atmósfera	Aire
Lechería	Generación de olores producto del excremento vacuno en el proceso de extracción de la leche.	Emisiones de olores		
Caldera	Quema de diésel para la producción de vapor de agua.	Uso de combustibles		
Lechería y Producción de Lácteos	Aguas residuales ordinarias (lavados de equipos y pisos) y aguas residuales especiales (suero de la leche)	Generación de aguas residuales	Contaminación de agua superficial y subterránea	Agua
Lechería y Producción de Lácteos	Productos de limpieza con propiedades básicas, ácidas y tensoactivos para el lavado de pisos y equipo.	Utilización de productos de limpieza		
Lechería	Generación de excretas durante el proceso de extracción de la leche.	Generación de excremento vacuno	Contaminación del suelo	Suelo
Vestidores, Oficinas, Almacenamiento de Materia Prima, Empaque de Productos	Disposición de guantes, cofias, envolturas, plástico de empaque, botellas, papel, etiquetas.	Generación de residuos sólidos		
Lechería, Producción de Lácteos y Vestidores	Consumo de agua para los procesos productivos, lavado de pisos y equipo	Consumo de agua	Agotamiento de recursos naturales	Recursos naturales
Toda la Planta de Lácteos	Utilización de equipos, luces, computadoras	Abastecimiento externo de energía eléctrica		



**Cuadro 4.** Ejemplo para la evaluación del aspecto ambiental Emisiones de fuentes fijas.

Factor Ambiental de MIIA	Valor MIIA	Justificación (criterios de campo)
Signo	-	No se cuenta con un sistema de control de emisiones para la sección de lechería y para la caldera.
Intensidad	2	La influencia de la caldera y lechería, con respecto al área total de la planta, aportan en un 23,2%.
Extensión	4	Las emisiones se generan por parte de la caldera en la etapa de pasteurización de la leche y los gases generados por las vacas de la “Lechería”. En ambos casos no hay control de emisiones.
Momento	8	No hay sistema de tratamiento para las emisiones fijas.
Persistencia	4	No existe protocolo que permita el control de emisiones y su efecto en los alrededores.
Reversibilidad	2	En la planta prevalece un sistema de ventilación natural que se limita al acceso de aire que ingresa por puertas y ventanas.
Recuperabilidad	2	La planta cuenta con un seguimiento en las emisiones de la caldera y además se han desarrollado estudios referentes a la emisión de gases por parte de las vacas. Aunado a esto, la planta cuenta con un Plan de Gestión Ambiental Institucional y un responsable ambiental.
Acumulación	4	Se hace uso de la caldera al menos tres días a la semana y las vacas generan emisiones todos los días de la semana.
Sinergia	2	En un radio de 500 m a la redonda de la planta se desarrollan actividades agropecuarias similares.
Efecto	4	No existe un sistema de control de emisiones. Se cuenta con un biodigestor, sin embargo, este no funciona actualmente.
Periodicidad	4	El ordeño de las vacas se desarrolla todos los días a la semana y la planta produce al menos 3 días a la semana.










Los valores obtenidos para cada IA en función a la evaluación de su AA se observan en el cuadro 5. Para obtener el valor de importancia de cada AA se utilizó la Ecuación 1. La interpretación de la importancia indicada se realiza de acuerdo con los rangos indicados en el cuadro 2. Como se puede observar en el cuadro 5 y en la figura 1, en total existen dos AAs (generación de aguas residuales y utilización de productos de limpieza) con un IA clasificado como irrelevante positivo; dos AAs (generación de excremento vacuno y generación de residuos sólidos) severos positivos; dos AAs (emisiones de fuentes fijas y uso de combustibles) moderados negativos; dos AAs (abastecimiento externo de energía eléctrica y emisiones de olores) severos negativos; y un AA (consumo de agua) crítico negativo.

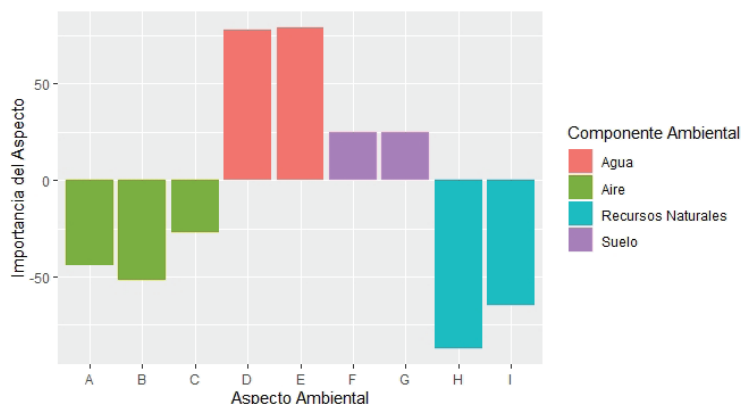
Según los resultados de la figura 1 y del cuadro 5 los AAs con mayor impacto positivo al ambiente son la generación de excremento vacuno, la generación de residuos sólidos, la generación de aguas residuales y la utilización de productos de limpieza, con valores de importancia de impacto de +25, +25, +78 y +79, respectivamente. El impacto positivo del AA denominado “Generación de excremento vacuno” obedece a que todo el residuo recolectado es utilizado para la generación de *lombricompost*; el cual, es comúnmente utilizado como medio de crecimiento para la horticultura ya que tiene un alto contenido de nutrientes disponibles y promotores del crecimiento de las plantas [8], el mismo, posteriormente tiene como disposición final su utilización en cursos impartidos en la universidad, así como su venta y distribución en los potreros aledaños, justificando así el valor positivo de importancia de impacto. El AA “Generación de excremento vacuno” produce un IA sobre el componente “suelo” categorizado como “severo positivo”.



Para el caso del AA denominado “*Generación de residuos sólidos*” su efecto positivo se debe a la adecuada separación y recolección de los residuos, que, además son tratados por un ente externo. Este AA genera un IA considerado como “severo positivo” (valor de importancia es de +25) sobre el componente ambiental “suelo”. Los residuos sólidos generados y sus fuentes de generación representan solo el 8,4% del área total de la planta.

**Cuadro 5.** Importancia de los aspectos ambientales identificados.

Importancia de los impactos ambientales positivos (MIIA)						
Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Componente Ambiental	Valor de Importancia	Importancia	Rango	Color
Generación de excremento vacuno	Contaminación del suelo	Suelo	25	Severo positivo	+25 a +50	
Generación de residuos sólidos			25			
Generación de aguas residuales	Contaminación de agua superficial y subterránea	Agua	78	Irrelevante positivo	> +75	
Utilización de productos de limpieza			79			
Importancia de los impactos ambientales negativos (MIIA)						
Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Componente Ambiental	Valor de Importancia	Importancia	Rango	Color
Consumo de agua	Agotamiento de recursos naturales	Recursos naturales	-87	Crítico negativo	> -75	
Abastecimiento externo de energía eléctrica			-65	Severo negativo	-50 a -75	
Emissiones de olores	Contaminación de la atmósfera	Aire	-52			
Emissiones de fuentes fijas			-44	Moderado negativo	-25 a -50	
Uso de combustibles			-27			



**Figura 1.** Descripción gráfica de la importancia de los aspectos ambientales para A: Emisiones de fuentes fijas; B: Emisiones de olores; C: Uso de combustibles; D: Generación de aguas residuales; E: Utilización de productos de limpieza; F: Generación de excremento vacuno; G: Generación de residuos sólidos; H: Consumo de agua; I: Abastecimiento externo de energía eléctrica.

El AA “Generación de aguas residuales”, presenta un IA categorizado como “irrelevante positivo”, con un valor de importancia de +78 sobre el componente ambiental “agua”. Esta afectación ambiental positiva está en función a la gestión interna de las aguas residuales de la planta, las cuales son canalizadas y transportadas hacia una laguna de oxidación para su tratamiento, sistema que cumple con los parámetros operacionales normados (Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales, Decreto N° 33601) para descargar las aguas al cuerpo receptor final. Aunado a esto, la producción de quesos se caracteriza por la generación de suero, lo cual es la porción líquida producida durante la coagulación de la caseína de la leche [9], que para el caso de la planta se generan aproximadamente 9 litros de suero por cada 10 litros de leche que ingresan al proceso. La inadecuada disposición de suero puede generar afectaciones de las características fisicoquímicas del suelo reducción del oxígeno disuelto de cuerpos de agua, obstaculización de la biodegradabilidad y en general representa un riesgo para la vida acuática, el ambiente y la salud humana [10]; a pesar de esto, la disposición del suero residual en la laguna de oxidación posibilita la dilución del contaminante, lo que asegura valores permisibles en la disposición final del agua residual.

La utilización de productos de limpieza es el AA que representa el mayor IA positivo (+79, “irrelevante positivo”), este valor obedece a que los productos de limpieza utilizados en la lechería y en la planta de lácteos, son materiales biodegradables. Los productos de limpieza utilizados reportan valores de Demanda Química de Oxígeno(DQO) de 300 mg/L como valor máximo, mientras que los reportes operacionales de la laguna de oxidación indican un valor promedio de DQO de 84 mg/L; por lo que este AA representa un valor positivo al tratarse de productos de rápida degradación.

Por otra parte, como se observa en la figura 1 y cuadro 5, los principales IAs con carácter negativo proceden AAs como consumo de agua, abastecimiento externo de energía, emisión de olores, emisiones de fuentes fijas y uso de combustibles.

El consumo de agua representa el aspecto con mayor IA negativo identificado, con un valor de importancia del de -87 sobre el componente ambiental “recursos naturales”, dicho valor corresponde a una importancia de “crítico negativo” y de alta prioridad. El impacto negativo de este AA se debe principalmente a la ausencia de equipos automatizados y la no puesta en marcha de prácticas de recirculación de las aguas para ser utilizada dentro de la planta. Problemática a la que se le suma el hecho de que el agua utilizada en la planta es captada de un pozo lo que implica que el IA denominado agotamiento de recursos naturales es aún más crítico.

El AA “abastecimiento externo de energía eléctrica” es el segundo con mayor valor de importancia negativa (-65), clasificándose como “severo negativo”. Esta clasificación se debe principalmente a la utilización de recursos no renovables para la producción de energía eléctrica y al consumo permanente de energía. El consumo de una fuente externa renovable, aporta a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> y la protección del medio ambiente [11], situación que no se presenta actualmente en el proceso.

El valor negativo (-52, clasificándose como “severo negativo”) del AA denominado “emisiones de olores”, obedece al olor generado por las actividades del proceso, especialmente en la lechería. Las respuestas de los funcionarios entrevistados y las visitas de campo realizadas evidencia que esta percepción de olor es permanente, además no se dispone de sistema de tratamiento de olores. Según la actividad del sector agroindustrial, la fabricación de productos lácteos presenta intrínsecamente emisiones de gases como el amoníaco y el metano [12].

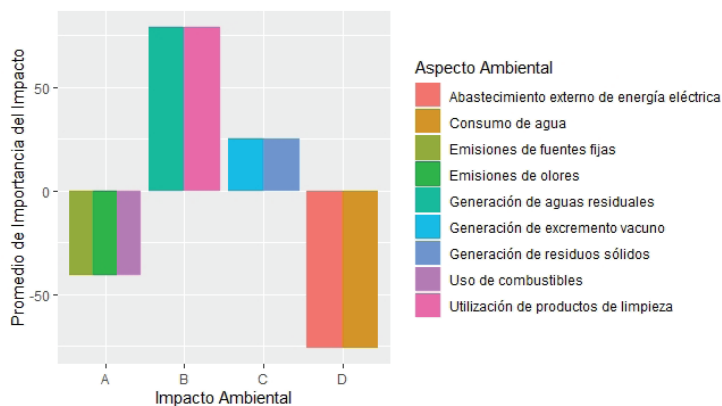
El AA “emisiones de fuentes fijas” presenta un valor de importancia de impacto sobre el aire de -44 (moderado negativo). En el sitio de estudio no se dispone de un sistema para la canalización, extracción y tratamiento de emisiones gaseosas. Las principales fuentes de generación de

emisiones de fuentes fijas son la lechería y caldera, áreas que representan conjuntamente menos del 27% del área total de la planta. El AA denominado “uso de combustible” presenta un valor de importancia de IA de -27 (“moderado negativo”). El combustible es utilizado en la caldera de la planta de productos lácteos, la cual representa un área < 20% del total de la misma. No obstante, la principal causa del IA negativo de este AA es la materia prima utilizada como combustible, en este caso particular, el diésel.

**Cuadro 6.** Importancia y priorización de los impactos ambientales identificados.

Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Componente Ambiental	Importancia del Impacto	Interpretación	Color	Valor promedio	Priorización de impacto
Emisiones de fuentes fijas	Contaminación a la atmósfera	Aire	-44	Moderado negativo	Yellow	-41	Moderado impacto ambiental
Emisiones de olores			-52	Severo negativo	Orange		
Uso de combustibles fósiles			-27	Moderado negativo	Yellow		
Generación de aguas residuales	Contaminación de agua superficial y subterránea	Agua	78	Irrelevante positivo	Green	78,5	Bajo impacto ambiental
Utilización de productos de limpieza			79				
Generación de excremento vacuno	Contaminación al suelo	Suelo	25	Severo positivo	Orange	25	Severo impacto ambiental
Generación de residuos sólidos			25				
Consumo de agua	Agotamiento de recursos naturales	Recursos naturales	-87	Crítico negativo	Red	-76	Alto impacto ambiental
Abastecimiento externo de energía eléctrica			-65	Severo negativo	Orange		

El figura 2 y Cuadro 6 muestra el valor promedio del IA procedente de los diferentes AAs que lo conforman. Los principales IAs de carácter negativo son la contaminación a la atmósfera y el agotamiento de los recursos naturales, con valores promedios de -41 y -76, respectivamente. Estos IAs corresponden a los AAs denominados, emisiones de fuentes fijas, emisiones de olores, uso de combustibles fósiles, consumo de agua y abastecimiento externo de energía eléctrica. Por otro lado, los valores positivos promedio de importancia de IA obedecen a los AAs catalogados como, generación de aguas residuales, utilización de productos de limpieza, generación de excremento vacuno y generación de residuos sólidos. Los IAs generados por estos AAs son la contaminación de agua superficial y subterránea y la contaminación al suelo, con valores promedio de impacto de 78,5 y 25, respectivamente.



**Figura 2.** Descripción gráfica del promedio de importancia del impacto para A: Contaminación de la atmósfera; B: Contaminación de agua superficial y subterránea; C: Contaminación del suelo; D: Agotamiento de recursos naturales.

El *Agotamiento de Recursos Naturales* se cataloga como el IA con la más alta priorización, por lo cual se deben tomar medidas inmediatas para reducir el agotamiento de los recursos naturales producto del consumo de agua y el abastecimiento externo de energía. Las emisiones a la atmósfera también deben ser reducidas, al ocasionar una moderada contaminación a la atmósfera. Por el contrario, la contaminación de agua superficial y subterránea producto de la generación de aguas residuales y de la utilización de productos de limpieza es el impacto más bajo de todos, debido a su depuración en el sistema de lagunas de oxidación. Por último, la *Contaminación al Suelo* es considerada severa positiva, lo cual indica que los AAs que generan estos impactos están siendo controlados, sin embargo, es importante establecer mejoras para disminuir su generación y, de esta forma, ocasionar un menor IA.

## Conclusiones y Recomendaciones

La elaboración de la MIIA permitió identificar los AAs que contribuyen al IA derivado de la operación de la planta de producción de lácteos; de los que destacan las emisiones de fuentes fijas y olores, consumo de agua y energía, generación de excremento vacuno, entre otros.

La evaluación, cuantificación y posterior priorización de los AAs determinó que existen dos AA con un IA severo positivo, dos AA con un IA irrelevante positivo, dos AA con un IA moderado negativo, dos AA con IA severo negativo y un AA con IA crítico negativo.

Los AAs con valores de impacto beneficioso al ambiente son: utilización de productos de limpieza (+79), generación de aguas residuales (+78), generación de residuos sólidos (+25) y generación de excremento vacuno (+25). Esto se debe a que la contaminación al agua y al suelo ocasionada por estos AAs es mínima debido a la correcta gestión de las aguas residuales y los residuos sólidos.

Los tres AAs con valores de impacto más negativo al ambiente son: consumo de agua (-87), abastecimiento externo de energía eléctrica (-65) y emisiones de olores (-52). En el caso del AA "consumo de agua", se da en más del 80% del área total de toda la planta, utilizándose en varias etapas del proceso productivo y sin contar con sistemas de recirculación. Por otra parte, los principales valores promedios de los IAs de carácter negativo son: consumo de agua, abastecimiento externo de energía eléctrica, emisiones de olores y emisiones de fuentes fijas, los cuales coinciden con los respectivos AAs.

Se recomienda a la empresa la optimización de los procedimientos de producción, de manera que se pueda minimizar el consumo de agua y energía eléctrica; así como, la mejora de los medidores de agua y luz de manera que permiten un adecuado monitoreo del consumo y por ende la reducción del impacto ambiental identificado.

## Referencias

- [1] D. A. Lubin and D. . Esty, "The sustainability imperative," *Harv. Bus. Rev.*, vol. 88, no. 5, pp. 42–50, 2010.
- [2] J. Toro, O. Duarte, I. Requena, and M. Zamorano, "Determining Vulnerability Importance in Environmental Impact Assessment. The case of Colombia," *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 32, no. 1, pp. 107–117, Jan. 2012.
- [3] F. Wiengarten and M. Pagell, "The importance of quality management for the success of environmental management initiatives," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 140, no. 1, pp. 407–415, Nov. 2012.
- [4] I. Djekic, J. Miocinovic, I. Tomasevic, N. Smigic, and N. Tomic, "Environmental life-cycle assessment of various dairy products," *J. Clean. Prod.*, vol. 68, pp. 64–72, Apr. 2014.
- [5] F. X. Milani, D. Nutter, and G. Thoma, "Invited review: Environmental impacts of dairy processing and products: A review," *Journal of Dairy Science*, vol. 94, no. 9, pp. 4243–4254, Sep-2011.
- [6] M. Herva, A. Franco, E. F. Carrasco, and E. Roca, "Review of corporate environmental indicators," *J. Clean. Prod.*, vol. 19, no. 15, pp. 1687–1699, 2011.
- [7] "Decreto Ejecutivo N° 34375-MINAE," *Procuraduría General de la República*, 2007.
- [8] O. L. Hernandez *et al.*, "Humic substances from vermicompost enhance urban lettuce production," *Agron. Sustain. Dev.*, vol. 35, no. 1, pp. 225–232, 2014.
- [9] F. Carvalho, A. R. Prazeres, and J. Rivas, "Cheese whey wastewater: Characterization and treatment," *Sci. Total Environ.*, vol. 445–446, pp. 385–396, 2013.
- [10] J. S. S. Yadav, S. Yan, S. Pilli, L. Kumar, R. D. Tyagi, and R. Y. Surampalli, "Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides," *Biotechnol. Adv.*, vol. 33, no. 6, pp. 756–774, 2015.
- [11] S. Khoshnevis Yazdi and B. Shakouri, "Renewable energy, nonrenewable energy consumption, and economic growth," *Energy Sources, Part B Econ. Plan. Policy*, vol. 12, no. 12, pp. 1038–1045, 2017.
- [12] A. Fredeen, S. Juurlink, M. Main, T. Astatkie, and R. C. Martin, "Implications of dairy systems on enteric methane and postulated effects on total greenhouse gas emission," *Animal*, vol. 7, no. 11, pp. 1875–1883, 2013.