





Artículo Original

El uso de agua y la generación de residuales líquidos en la Empresa Complejo Lácteo de La Habana

Water use and liquid wastes generation at Habana` dairy Complex

Dayadna Fernández Columbié ¹  <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>, Pedro Pérez Álvarez ²  <https://orcid.org/0000-0002-8503-2524>

Resumen:

Contexto: La elevada demanda de agua en los procesos productivos de la Empresa Complejo Lácteo de La Habana es una problemática identificada, que puede ser resuelta mediante la adopción de diferentes acciones favorables a su ahorro.

Objetivo: Analizar el consumo de agua y la generación de residuales líquidos en la Empresa Complejo Lácteo de La Habana.

Métodos: Análisis de la información proveniente de informes y registros de control, de la comunicación directa y de los ensayos de laboratorio sobre las caracterizaciones de los efluentes en los procesos, realizados en la Empresa Complejo Lácteo de La Habana, durante 2019.

Resultados: Se revelaron los altos gastos de agua generados en las unidades productivas. Se propusieron acciones favorables al ahorro del recurso, destacando los beneficios ambientales y económicos, demostrándose que se deben establecer rangos efectivos para su consumo. Se estimó la generación de residuales líquidos derivados de cada una de los procesos productivos. Se analizaron los impactos de sus constituyentes.

Conclusiones: El consumo de agua y los parámetros del agua residual en la Empresa Complejo Lácteo de La Habana, se encuentran por encima de la norma cubana. El vertido desmedido puede provocar diferentes impactos negativos sobre el medio ambiente, por lo que se proponen medidas favorables al ahorro y control de este preciado recurso.

Palabras clave: industria láctea, consumo de agua, residuales líquidos.

Abstract:

Background: The high demand for water in the productive processes of the Dairy Company of La Habana is an identified problem, which can be solved by adopting different actions that favor its savings.

Objective: Analyze the consumption of water and the generation of liquid waste in the Dairy Company of La Habana.

Methods: Analysis of the information from reports and control records, direct communication and laboratory tests on the characterizations of effluents in the processes, carried out at the Dairy Company of La Habana, during 2019.

Results: The high water costs generated in the productive units were revealed. Actions favorable to saving the resource were proposed, highlighting the environmental and economic benefits, demonstrating that effective ranges should be established for its consumption. The generation of liquid waste derived from each of the production processes was estimated. The impacts of its constituents were analyzed.

Conclusions: The consumption of water and the parameters of the residual water in the Dairy Company of La Habana, are above the Cuban norm. Excessive spillage can cause different negative impacts on the environment, which is why favorable measures are proposed to save and control this precious resource.

Keywords: dairy industry, water consumption, liquid waste.

Introducción

El agua es uno de los recursos naturales que forma parte del desarrollo de cualquier país; es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. Su disponibilidad es paulatinamente menor debido a su contaminación por diversos medios, incluyendo a los

mantos acuíferos, lo cual representa un desequilibrio ambiental, económico y social (Romero, Colín, Sánchez y Ortiz, 2009).

La situación actual y perspectiva de los recursos hídricos en Cuba puede ser catalogada como delicada, y sin duda alguna, son éstos sus recursos naturales más amenazados. Su incidencia en la producción de alimentos los convierte en un factor determinante en

Historial del artículo

Recibido: 27 diciembre 2020

Aceptado: 12 febrero 2021

¹Complejo Lácteo de La Habana, La Habana, Cuba;

²Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Avanzadas, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba.

Email: ppalvarez@instec.cu

Artículo de acceso abierto bajo licencia Creative Commons Atribución NoComercial CompartirIgual (CC-BY-NC-SA) 4.0.



Citación recomendada para este artículo: Fernández Columbié, D., Pérez Álvarez, P. (2021). El uso de agua y la generación de residuales líquidos en la Empresa Complejo Lácteo de La Habana. *Monteverdia*, 14 (1), pp. 1-9. Recuperado de: <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/monteverdia/3489>

la seguridad alimentaria y, por tanto, en la seguridad nacional del país. Para alcanzar un uso sostenible del agua se deben considerar aspectos como: ahorrarla mediante su medición, el control de su uso, la aplicación de tarifas de acuerdo al consumo y la reducción de la contaminación en los cuerpos de agua (Díaz, 2011). La carencia y dificultad, con la disponibilidad y calidad del agua, constituyen la principal limitante al desarrollo en las condiciones del archipiélago cubano, donde hay una gran dependencia de los eventos climáticos asociados a las tormentas y huracanes para el completamiento del ciclo hidrológico (Pérez, Herrera y Gutiérrez, 2013).

En Cuba predomina un ineficiente uso del agua, en lo que influye el estado técnico en las redes, la escasa medición de los consumos, así como las tarifas y sistemas de precios que no favorecen el ahorro. Aún no se actualizan y utilizan adecuadamente los índices de consumo por unidad de producto o servicio y persiste una baja cultura con respecto al uso racional del recurso a nivel de la población y los sectores de la producción y los servicios (Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, 2016).

En la industria láctea el mayor consumo de agua se debe a los procesos productivos, mayormente en la refrigeración y limpieza, mientras que las áreas de mantenimiento y administrativas generan el menor consumo (Sierra, 2005). Es por ello que, para garantizar un uso eficiente del agua en las industrias, se deben establecer rangos para su consumo (Pua, 2010). En este sector muchas veces no se le da a este recurso el grado de importancia que merece hasta cuando se escasea, está contaminada, es demasiado cara o, en cierta forma, se administra mal. Toda el agua consumida, en el mismo, exceptuando las pérdidas por evaporación en los circuitos de refrigeración, se vierte, ya que no se incorpora al producto final (Santamaría, Álvarez, Díaz y Zamora, 2015). Los principales aspectos medioambientales en los procesos lácteos están relacionados con el elevado consumo de agua y la generación de residuales líquidos ricos en moléculas y alimentos orgánicos biodegradables, que generalmente contienen también alta concentración de grasa y proteínas, así como otros productos químicos utilizados en la limpieza de aparatos, máquinas y salas de tratamiento (Magaña, Rojas, González y Ojeda, 2020). A través de la historia, la eliminación de desechos a menudo ha resultado en contaminación ambiental y, en

consecuencia, daños a la salud humana (Guerra e Yparraguirre, 2020). Generalmente, el 70 % de las aguas consumidas en la industria procesadora de alimentos se descargan como aguas residuales (Rojas, 2015). En la industria alimentaria y en particular la láctea 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 (Chou, García, Bermúdez y Pisch, 2018).

La Empresa Complejo Lácteo de La Habana que pertenece al Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL), se encuentra ubicada en el municipio de Cotorro, sobre la sub-cuenca San Francisco que tributa a la cuenca hidrográfica Almendares-Vento. La elevada demanda de agua en los procesos productivos de la entidad es una problemática identificada, que puede ser resuelta mediante la adopción de diferentes acciones favorables a su ahorro. Es por lo antes planteado que el objetivo general del presente trabajo es analizar el consumo de agua y la generación de residuales líquidos en la Empresa Complejo Lácteo de La Habana.

Materiales y métodos

Consumo de agua por producción

La Empresa posee cinco Unidades Empresariales de Base (UEB) productivas (P) y otras seis de servicios (S). De las primeras mencionadas generan residuales líquidos, derivados de las producciones que realizan, las de yogur, queso y helado. El Complejo Lácteo de La Habana se abastece de agua mediante el bombeo desde un grupo de pozos situados en las proximidades del consejo popular Cuatro Caminos. La distribución del plan de agua del año 2019 de la Empresa se muestra en la Tabla 1.

El plan total de consumo de agua asciende a 1 497 869 m³. Los valores del plan anual, se obtuvieron a partir del porcentaje que representa el consumo de agua para el valor total planificado a utilizar por la empresa. Mientras que el plan mensual es la distribución equitativa entre los 12 meses del año. Los datos anteriores proceden del plan de energía elaborado por la Dirección de Mantenimiento e Inversiones del centro.

Según la forma de procesar la información brindada

anteriormente se puede estimar para el período en curso, el consumo de agua real mensual.

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de la Empresa Nacional de Análisis y Servicios Técnicos

Tabla 1. Distribución del consumo de agua.

UEB	Tipo	%	Plan anual (m ³)	Plan mensual (m ³)
Queso Matilda	P	40.74	599 291.36	49 941.00
Combinado	P	23.00	350 000.00	29 167.00
Helados Matilda	P	23.00	350 000.00	29 167.00
Logística	S	3.28	49 130.00	4 094.00
Mantenimiento y Servicio Automotor	S	1.86	27 860.00	2 322.00
Envases Lácteos	P	1.68	25 164.20	2 097.00
Comercial	S	1.64	24 565.00	2 047.00
Oficina central	S	1.64	24 565.00	2 047.00
Servicios energéticos	S	1.58	23 667.00	1 972.00
Laboratorio central	S	1.55	23 217.00	1 935.00
Mezcla Física	P	0.03	409.44	34.12

Lo cual se realizará a partir del valor reportado al finalizar cada mes por el metro contador central de la Empresa, que es el único que posee.

Métodos y herramientas empleados en la caracterización de los residuales líquidos

La caracterización de los residuales líquidos que se generan en las áreas productivas se realizó en abril de 2019. Se identificaron como puntos de muestreo, los registros de salida de las trampas de grasa de las áreas de elaboración de yogur, queso y helado, así como la trampa central. Los ensayos y métodos aplicados (DEMA. 2019), se muestran en la Tabla 2.

(ENAST) que se encuentra acreditado para estos fines.

A partir de los resultados emitidos en el informe de ensayos se construyeron tablas y gráficos que muestran el comportamiento de los parámetros medidos. Para darle cumplimiento a este objetivo se empleó una hoja de cálculo Excel 2013.

Resultados y discusión

Análisis del consumo de agua y niveles de producción por UEB

El consumo de agua en los meses de enero a julio del 2019 se estima a partir del porcentaje establecido para cada UEB, el cual se presenta en la Fig. 1.

Tabla 2. Determinaciones realizadas y métodos de ensayo correspondientes.

Determinaciones	Métodos
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Prueba de DBO- 5días
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Acelerado autoclaveando muestras bajo presión
Sólidos Sedimentables (S sed)	Método de los sólidos sedimentables
Nitratos (NO ₃ ⁻)	Método colorimétrico por reducción de la columna de cadmio
Nitritos (NO ₂ ⁻)	Método colorimétrico
Fosfatos (PO ₄ ³⁻)	Método de la reducción del ácido ascórbico
pH	Método electrométrico
Conductividad Eléctrica (CE)	Método de laboratorio
Coliformes Totales (CT)	Técnica de tubos múltiples de fermentación
Coliformes Termotolerantes (CTT)	Técnica de tubos múltiples de fermentación

Los mayores consumidores son Queso Matilda (41 %), Combinado (23 %) y Helados Matilda (23 %). En estas se concentra el 87 % del consumo.

planificado. Mientras que la UEB Queso Matilda es la que posee el mayor consumo y a la vez el mayor sobreconsumo (88 % del total). El resto de las UEB, a

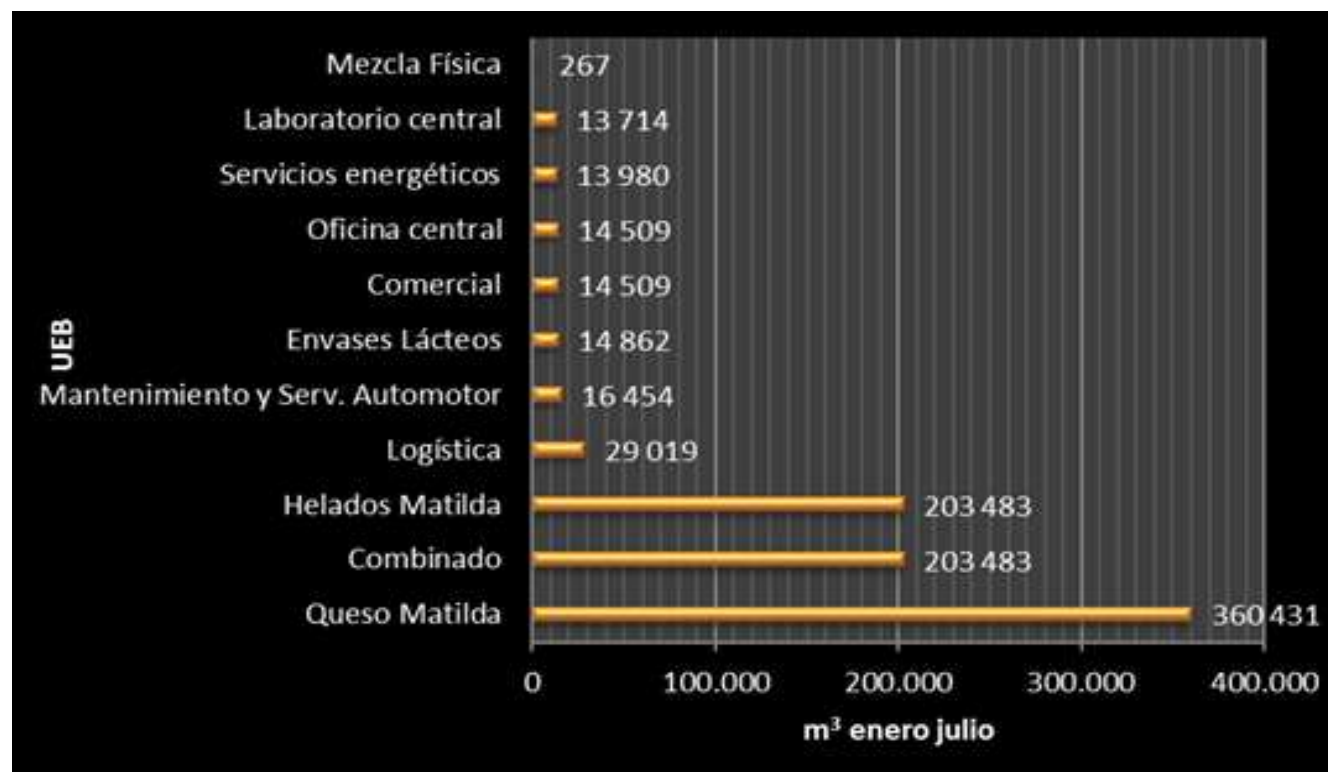


Fig. 1. Consumo de agua (m³) en los meses de enero a julio del 2019.

Se identifican diferencias en comparación con la cantidad planificada, las cuales se evidencian en la Tabla 3.

Solamente las UEB Combinado y Helados Matilda, tienen un consumo estimado por debajo de lo

pesar de que poseen diferencias entre ambos valores, son pequeñas (12 %).

La producción de estas UEB en el período analizado se muestra en la Fig. 2.

Como se observa, con excepción de Helados Matilda y Mezcla Física, las restantes UEB incumplen el plan.

Tabla 3. Diferencias de consumo de agua.

UEB	Real	Plan	Diferencia
Queso Matilda	360 431	349 587	-10 844
Combinado	203 483	204 169	686
Helados Matilda	203 483	204 169	686
Logística	29 019	28 658	-361
Mantenimiento y Serv. Automotor	16 454	16 254	-200
Envases Lácteos	14 862	14 679	-183
Comercial	14 509	14 329	-180
Oficina central	14 509	14 329	-180
Servicios energéticos	13 980	13 804	-176
Laboratorio central	13 714	13 545	-169
Mezcla Física	267	239	-28
Total	884 711	873 762	-10 949



Fig. 2. Producción de las UEB.

En cuanto al consumo de agua respecto a los niveles productivos de las UEB involucradas, se obtienen los siguientes indicadores que se muestran en la Fig. 3.

Proyección de acciones para el ahorro de agua en las producciones

Las medidas correctoras propuestas deben garantizar una mejor gestión del agua y a la vez de los residuales líquidos que se generan, como consecuencia de malas



Fig. 3. Índice de consumo de las UEB.

Los índices de consumo de agua en las UEB productivas, con excepción de Helados Matilda, están por encima del indicador planificado. Si a esto se añade que hay una disminución de la actividad productiva real, entonces se incumplen los indicadores de consumo lo que indica una ineficiencia productiva y la tendencia a la insostenibilidad del sistema.

prácticas de manejo. La aplicación de las mismas es indispensable para la implementación de un sistema de gestión ambiental en la Empresa. Es por ello que debe existir una disposición de las direcciones del centro a acometer las tareas que se proponen y asumir la ejecución de las mismas con el rigor requerido. En la Tabla 4 se mencionan las acciones a cumplimentar con los beneficios ambientales y económicos que aportan.

Garantizar un ahorro del agua, en las diferentes actividades involucradas en el sector, se traduce en una reducción de los gastos. Por tanto, resulta evidente que el adecuado uso y manejo de este recurso natural genera ganancias tanto ambientales como económicas (Tabla 4). Lo planteado es una consideración ratificada por Pérez, Herrera y Gutiérrez. (2013), donde se concluye que la carencia y disponibilidad del agua constituye el principal problema ambiental identificado como limitante para el desarrollo sostenible. Confirmándose la influencia de este aspecto en el incremento a la par de la eficiencia productiva y el beneficio ambiental.

Queso Matilda, sobre la cual deben girar las medidas correctivas que se tomen en este sentido. Como factor de seguridad se considera un valor máximo de generación de aguas residuales de 25 % adicional, por lo que el valor máximo y el que debe considerarse como volumen de agua residual a tratar es 3 260 m³/d.

Caracterización de los residuales líquidos generados

En la Tabla 6 se reporta el resultado de los ensayos de los parámetros verificados de los efluentes de cada uno de los puntos de vertimiento muestreados, así como los límites máximos permisibles promedios (LMPP) establecidos en la NC 27:2012. “Vertimiento

Tabla 4. Acciones y beneficios del ahorro del agua.

Acciones	Beneficios ambientales	Beneficios económicos
Realizar estudio sobre la necesidad de recursos (juntas, válvulas, tuberías y accesorios) y definir trabajos de mantenimiento necesarios, para la eliminación de los salideros de agua	Se evita el derroche de agua	Se reduce volumen y gastos asociado al recurso, como son el precio de compra y de energía consumida durante su distribución
Montaje de pistolas de agua en las mangueras de limpieza en las diferentes áreas productivas		
Reutilización del agua de condensado	Se disminuye la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, que se produce durante el proceso de combustión en las calderas	Se reducen los consumos de electricidad, agua y combustible
Realizar un acomodo de carga para el suministro del agua tratada y la refrigerada	Disminuye el consumo de agua	Ahorro de portadores energéticos y agua
Organizar y regular las operaciones de fregado y lavado		
Montaje de metros contadores de agua en áreas productivas		
Establecer índices de consumos descendentes, a partir de que se instalen los metros contadores, hasta llegar al indicador de consumo definitivo		

Agua residual estimada

A partir del consumo de agua real se estima el residual líquido generado (70 %). En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos para cada una de las UEB productivas.

Evidentemente, las primeras tres UEB al presentar los mayores consumos de agua son las que generan un residual líquido superior. Entre ellas resalta la UEB

de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones” para descargas en cuerpos receptores en la clasificación de ríos y embalses clase A (DEMA, 219).

Donde NMP/100mL es el número más probable de coliformes en 100 mL.

En la Tabla 6. se puede apreciar que los parámetros DBO y DQO, se encuentran muy por encima de los

límites permisibles de la norma de referencia, fundamentado principalmente en el alto contenido de materia orgánica en esta agua y la elevada presencia de carbohidratos, proteínas, y grasas.

Tabla 5. Consumo de agua y residual estimados anual (m3).

UEB	Agua	Residual
Queso Matilda	617 882	432 517
Combinado	348 828	244 180
Helados Matilda	348 828	244 180
Logística	49 747	34 823
Mantenimiento y Serv. Automotor	28 207	19 745
Envases Lácteos	25 478	17 834
Comercial	24 873	17 411
Oficina central	24 873	17 411
Servicios energéticos	23 966	16 776
Laboratorio central	23 510	16 457
Mezcla Física	458	320
Total	1 516 647	1 061 653

En el caso del resto de los parámetros se evidencia que el comportamiento de los sólidos sedimentables supera los límites permisibles, pero en pequeña cuantía. En la conductividad eléctrica se registraron valores muy bajos, lo que da a entender que existen muy pocas sales disueltas en el medio. El pH de las muestras analizadas fue aproximadamente de 7.0, lo que se cataloga como aguas residuales neutrales cumpliendo con lo establecido por la norma. Mientras que los sólidos totales rindieron valores superiores a los LPM (límites permisibles de muestreos), por lo que habrá que realizar un análisis de los sólidos volátiles para determinar la estabilidad biológica de

los lodos del agua residual. Incluye al residuo seco total volátil y al residuo seco total fijo.

Posibles impactos ambientales de los residuales líquidos

Los altos niveles de DBO₅ en las aguas naturales, como resultado de las descargas de residuales, llevan al decrecimiento del oxígeno disuelto y al desarrollo de condiciones sépticas, causando frecuentemente la muerte de la biota acuática. La temperatura tiene gran influencia en los procesos químicos y biológicos en las aguas superficiales, especialmente en los niveles de oxígeno, fotosíntesis y producción de algas, así como en la biota acuática, particularmente en los peces. Los efluentes con altas concentraciones de sólidos disueltos crean problemas de incrustación y corrosión en los sistemas de conducción y causan importantes afectaciones si se descargan al alcantarillado público o se reutilizan. Los sólidos suspendidos pueden afectar significativamente el uso del agua, limitando la penetración de la luz y la vida útil del reservorio, dañan el hábitat de los bentos al generar condiciones anaerobias en el fondo de los lagos, ríos y mares y afectan la vida acuática. El impacto de los residuales industriales, específicamente aquellos que contienen sustancias químicas orgánicas, es particularmente severo debido a su persistencia, a sus efectos dañinos a bajas concentraciones y a la capacidad que tienen para entrar en la cadena alimentaria. Las grasas y aceites causan problemas en el funcionamiento de las redes de alcantarillado. Cuando flotan en la superficie de las aguas receptoras interfieren con la re-aireación natural, pueden ser tóxicas a ciertas especies de peces y de vida acuática, crean peligro de fuego cuando están en suficiente cantidad en el agua, destruyen la vegetación a lo largo

Tabla 6. Resultados de los ensayos realizados.

Unidad	pH	CE (µS/cm)	NO ₃ (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	SSed (mL/L)	CTT (NMP/100mL)	CT (NMP/100mL)
Comb.	5.43	1 042	-	-	609	1 390	2	2.0*10 ⁵	4.7*10 ⁵
Trampa central	5.44	825	-	-	326	600	2	1.1*10 ⁸	5.4*10 ⁸
Helados Matilda	6.12	679	1*10 ⁻²	1*10 ⁻²	267	496	1	1.4*10 ⁵	2.8*10 ⁷
Queso Matilda	6.96	1 146	-	-	157	292	0	-	-
Soya	7.37	622	1*10 ⁻²	1*10 ⁻²	105	208	1	7.8*10 ⁴	2.0*10 ⁵
NC27: 2012 (A)	6.5-8.5	1 400	-	-	30	70	1	-	1 000

de las orillas de los cuerpos receptores y reducen los usos recreativos.

Lo anteriormente planteado se ratifica por Santamaría, Álvarez, Díaz y Zamora (2015), quienes demuestran el alto contenido de materia orgánica presente en las aguas residuales descargadas por la industria láctea. Contaminación que se debe a la aplicación de tratamientos básicos y pobres en control, así como a la descarga de residuos de los productos que elaboran y los utilizados para la limpieza de los equipos. También en la investigación comparada se argumenta que, mediante el análisis de las aguas residuales, se está ocasionando un impacto ambiental negativo, por lo tanto, se está produciendo una eutrofización; que es un incremento de los nutrientes en los cuerpos receptores de agua, principalmente por la descarga del suero dulce con pequeñas partes de cuajada, derrames de leche, residuos y aguas del lavado.

Los mencionados posibles impactos ambientales, ocasionados por los residuales líquidos que se generan durante las producciones lácteas, se evidencian en un análisis realizado en el Combinado Lácteo de Bayamo, Cuba por Árias y Cárdenas (2016), donde se expone que la contaminación de las aguas subterráneas es uno de los impactos que más severamente se manifiesta en la industria. También en estudio realizado por Velázquez y col. (2014), se corrobora que el consumo de agua y la generación de efluentes líquidos son los mayores generadores de impactos ambientales en la producción quesera.

De manera general, se refleja coincidencia de criterios en diferentes investigaciones científicas en cuanto al consumo de agua y la generación de residuales líquidos, como causas fundamentales de los principales impactos ambientales ocasionados por los procesos productivos de la industria láctea.

Conclusiones

La evaluación de la situación actual del manejo de agua y los residuales líquidos generados en el Complejo Lácteo de La Habana demostró el excesivo consumo de este recurso natural, así como las características y el elevado volumen de residual líquido vertido, siendo éste de 3 260 m³/d. El análisis de los parámetros de las aguas residuales, arrojó que estos se encuentran por encima de los límites permisibles, por lo que se incumple con la normativa establecida para su vertimiento final. El vertido

desmedido puede provocar diferentes impactos negativos sobre el medio ambiente, por las características de sus constituyentes. Además, se propusieron medidas favorables al ahorro y control del agua, que evidencian que no sólo se genera un beneficio ambiental sino también económico. Se demuestra que, para garantizar un uso eficiente del agua en los procesos industriales, se deben establecer rangos efectivos para su consumo, que garanticen un ahorro eficiente de este recurso.

Recomendaciones

Mantener la trazabilidad del monitoreo de los residuales líquidos, para una próxima comparación de los resultados alcanzados, a partir de las medidas implementadas en cuanto al ahorro de agua.

Extender la investigación hacia el posible reúso de las aguas residuales generadas en los procesos productivos, que garantice la disminución de la carga orgánica vertida y aporte beneficios económicos.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó gracias a la colaboración de los especialistas, técnicos y la dirección del Complejo Lácteo de La Habana y a las orientaciones metodológicas del Comité Académico de la maestría en Ciencia de la Gestión Ambiental.

Financiamiento de la investigación

La investigación fue posible por el financiamiento del Complejo Lácteo de La Habana, así como del Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas de la Universidad de La Habana.

Contribución de los autores

Fernández Columbié: Diseño de la investigación, colecta y procesamiento de la información, determinación de los resultados, redacción y revisión final del artículo.

Pérez Álvarez: Diseño de la investigación, procesamiento de la información, determinación de los resultados, redacción y revisión final del artículo.

Conflictos de intereses

No se expresan conflictos de intereses.

Referencias

Árias Lafargue, T., & Cárdenas Mendoza, L. (2016). Impactos y riesgos ambientales en el Combinado

- Lácteo de Bayamo. Cuba (Parte I). *Tecnología Química*, 36(2), 176-186.
- Chou Rodríguez, E. M., García Martínez, Y., Bermúdez Chou, A. D. L. C., & Pisch Vidal, L. (2018). Evaluación de producción más limpia en el proceso de leche y derivados de la soya. *Tecnología Química*, 38(2), 428-436.
- CITMA. (2016). *Estrategia ambiental nacional 2016 / 2020*. La Habana, Cuba. 12.
- DEMA. (2019). *Caracterización de Residuales del Complejo Lácteo de la Habana*. División de Estudios Medio Ambientales (DEMA), Empresa GEOCUBA GEODESA. La Habana, Cuba. 15-16.
- Díaz, J. A. (2011). Hacia el uso sostenible del agua en Cuba. IX Congreso cubano de geología. GEO12-O2. La Habana. 1-2.
- Guerra-Santiesteban, D., & Yparraguirre-Peña, J. L. (2020). Efecto de la inyección de aguas residuales en la producción de petróleo de un bloque del yacimiento Pina, Cuba. *Minería y Geología*, 36(1), 1-15.
- Magaña-Irons, L., Rojas-Vargas, A., González-Díaz, Y., & Ojeda-Armaignac, E. (2020). Remoción de contaminantes del residual lácteo por electrocoagulación con electrodos de aluminio. *Tecnología Química*, 40(1), 17-34.
- Pérez Álvarez, P., Herrera Soler, M., & Gutiérrez, C. G. (Julio de 2013). Una valoración de la agricultura cubana con una óptica de desarrollo sostenible. *IX Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo*, La Habana, Cuba.
- Pua, A. S. (2010). Caracterización del consumo de agua de la planta de lácteos, Zamorano. Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el Grado Académico de Licenciatura. Honduras. 3-5.
- Rojas, J. D. (2015). Contaminación de efluentes líquidos en la industria láctea. Proyecto de Investigación Científica, Tecnológica e Innovación. DUI. Editorial DUI-UAGRM. Santa Cruz, Bolivia. 8-9.
- Romero-Aguilar, M., Colín-Cruz, A., Sánchez-Salinas, E., & Ortiz-Hernández, M. A. (2009). Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 25(3), 157-167.
- Santamaría, E. J., Álvarez, F., Díaz, E. S., & Zamora, M. (2015). Caracterización de los parámetros de calidad del agua para disminuir la contaminación durante el procesamiento de lácteos. *Agroindustrial Science*, 5(1), 13-26.
- Sierra, C. M. (2005). Diagnóstico y propuesta de optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales de una industria láctea. Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario. Bogotá D.C. 34-42.
- Velázquez, M. C. y col. (2014). Evaluación de impacto ambiental de la producción de queso blanco pasteurizado en la parroquia Mantecal, Apure, Venezuela. *Agroecosistemas 2* (2): 324.
- Villanueva, M. C. V., García, N. R., & Varela, M. D. L. C. M. (2014). Evaluación de impacto ambiental de la producción de queso blanco pasteurizado en la parroquia Mantecal, Apure, Venezuela. *Revista Científica Agroecosistemas*, 2(2).
- NC 27:2012 Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado — especificaciones.