

## Ciclo del agua en una industria de la cuenca lechera Mar y Sierras (Argentina)

### *Water cycle in the industry from Mar y Sierras dairy basin (Argentina)*

**María Candelaria Corengia<sup>1</sup>**

**Rosario Soledad Barranquero<sup>2,4</sup>**

**Agustina Cortelezzi<sup>3,4</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA). Facultad de Ciencias Humanas (FCH). Campus Universitario, Paraje Arroyo Seco s/n, CP. 7000, Tandil. Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA). Facultad de Ciencias Humanas (FCH). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA). Campus Universitario, Paraje Arroyo Seco s/n, CP. 7000, Tandil. Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup>Instituto Multidisciplinario sobre Ecosistemas y Desarrollo Sustentable, UNCPBA-CICPBA, Campus Universitario, Paraje Arroyo Seco s/n, Tandil 7000, Buenos Aires, Argentina.

<sup>4</sup>CONICET, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Argentina

Dirección electrónica: candecorengia@gmail.com

Corengia, M. C.; Barranquero, R. S., Cortelezzi, A. (2022). Ciclo del agua en una industria de la cuenca lechera Mar y Sierras (Argentina). *Revista Estudios Ambientales*, 10 (2), 99-115.

**Recibido:** 09/11/2022 - **Aceptado:** 24/11/2022 - **Publicado:** 30/12/2022

## RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo analizar el ciclo del agua en una fábrica de productos lácteos de la cuenca lechera Mar y Sierras (Argentina) e identificar los puntos ambientales críticos relacionados a la generación de efluentes líquidos en ella. Para esto, se siguieron los procedimientos de la auditoría ambiental diagnóstica, a partir de la conjunción de evidencias: fuentes secundarias, observación directa del establecimiento y la actividad productiva, estimación del volumen de agua utilizada y de los efluentes líquidos generados en un día productivo típico, análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua de consumo y de los efluentes generados; entrevistas a un informante clave. Se identificó al lavado de la mesa desueradora y los pisos como el

consumo más importante de agua en la fábrica (31% del consumo de agua diario) y a la generación de suero durante el moldeo como el punto más problemático de la generación de efluentes líquidos. En un día típico de producción se utilizan 4.246 litros de agua y se generan 4.847 litros de efluentes líquidos. Se estimó que por cada litro de leche procesada se utilizan 0,9 litros de agua, lo que indica una buena eficiencia del uso del recurso en la fábrica. Se determinó que los efluentes líquidos no poseen la calidad fisicoquímica y bacteriológica requerida por la normativa provincial para su vuelco en cuerpos de agua, por lo que se reflexionó sobre posibles formas de ahorro o revalorización del agua implicada en el proceso productivo, así como sobre medidas orientadas a mejorar el efluente que se descarga en el arroyo. Finalmente, se realizan propuestas para mejorar la eficiencia del uso de agua y del manejo de efluentes líquidos en fábricas de quesos con problemas similares.

**PALABRAS CLAVES:** Industria lechera, Consumo de agua, Calidad del agua, Agua residual, Gestión de los recursos hídricos.

#### **ABSTRACT**

*The objective of this work is to analyze the water cycle in a dairy factory from Mar y Sierras dairy basin (Argentina) and to identify the critical environmental points related to the generation of liquid effluents in it. For this, we followed the procedures of the diagnostic environmental audit, based on a combination of evidence: secondary sources, direct observation of the establishment and the productive activity, estimation of the volume of water used and of the liquid effluents generated in a typical production day, physical-chemical and bacteriological analysis of drinking water and generated effluents, and interviews with a key informant to corroborate the information obtained. The washing of the draining table and the floors was identified as the most important consumption of water in the factory (31% of the daily water consumption) and the generation of whey during molding as the most problematic point of the generation of liquid effluents. In a typical day of production, 4,246 liters of water are used and 4,847 liters of liquid effluents are generated. It was estimated that for each liter of milk processed, 0.9 liters of water are used, which indicates the efficiency of the use of the resource in the factory. It was determined that the liquid effluents do not have the physicochemical or bacteriological quality required by the provincial regulations for their discharge into water bodies. Therefore, reflection was made on possible ways of saving or revaluing the water involved in the production process, as well as on measures aimed at improving the effluent that is discharged into the stream. These proposals are considered adequate to improve the efficiency of water use and liquid effluent management in other cheese factories that pose similar problems.*

**KEY WORDS::** Dairy industry, Water consumption, Water quality, Waste water, Water resources management

## INTRODUCCIÓN

En la agroindustria láctea el procesamiento de la leche genera grandes cantidades de efluentes líquidos (entre 4 y 10 litros de agua por cada litro de leche procesada según el tipo de planta), conformados por aguas de lavado y enfriamiento, productos de limpieza, desinfectantes y restos de productos lácteos, además de residuos sólidos y efluentes gaseosos (Villena, 1995). Esta generación se ve afectada mayoritariamente por el consumo de agua implicado en la actividad. Asimismo, debido principalmente al aporte de los componentes de la leche procesada (grasas, proteínas, azúcares y sales minerales), los efluentes líquidos de la industria láctea presentan alto contenido de materia orgánica, DQO elevada, niveles superiores de nitrógeno y fósforo, alta conductividad y variaciones importantes de pH y temperatura (Rodríguez Balladares, 2016). Particularmente, el efluente producto de la industria del queso se caracteriza por poseer una elevada carga orgánica, debido a su contenido en suero. La disposición de efluentes con cargas orgánicas elevadas en cuerpos de agua y suelos es uno de los principales impactos asociados (González Cáceres, 2012; Saval, 2012; Rodríguez Balladares, 2016; Cury et al., 2017).

Del total de plantas industriales de leche relevadas en Argentina (685), casi el 90% elaboran quesos y el 10% restante otros productos derivados de ella (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2019). Asimismo, la mitad de las industrias pertenecientes al rubro de los quesos (47%) son micropymes de menos de 5.000 l/día (Ministerio de Agroindustria de la Nación, 2019), como es el caso de la fábrica seleccionada para este estudio.

Para el año 2016, en el partido de Tandil (provincia de Buenos Aires, Argentina), se registraron 49 establecimientos agroalimentarios, de los cuales el (28%) está representado por el rubro de los lácteos y sus derivados, como es el caso de los quesos (Bruno et al., 2016). Sobre estos últimos se ha podido identificar al manejo de efluentes líquidos como una de las cuestiones críticas de la producción (Cisneros Basualdo, 2015; Rolando, 2020), sumado a que, por su ubicación estratégica en cercanías de los arroyos, los establecimientos disponen allí los efluentes líquidos generados en el proceso productivo.

En el caso de la ciudad de Tandil, la cuenca alta del arroyo Languyú se ve afectada desde su nacimiento por diferentes impactos, siendo los desechos provenientes de industrias alimenticias particularmente complejos por la gran carga orgánica que aportan, afectando directamente la calidad del agua (Banda

Noriega et al., 2008) y constituyendo una potencial fuente de contaminación al medio subterráneo (Barranquero et al., 2015).

Teniendo en cuenta el contexto de la problemática detallada, el objetivo propuesto de esta contribución fue analizar el manejo del agua, con énfasis en la generación de efluentes líquidos, dado que constituye un área de investigación de interés. Se toma como estudio de caso a una pequeña fábrica de quesos localizada en la cuenca del arroyo Langueyú y con vertido de los efluentes del proceso productivo al curso que le da nombre.

## METODOLOGÍA

Se identificaron puntos críticos en torno al ciclo del agua en el proceso productivo del queso en la fábrica estudiada. Para esto, se siguieron los procedimientos de la auditoría ambiental diagnóstica (Gómez Orea & De Miguel, 1994), a partir de la conjunción de evidencias.

### *Determinación de la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo*

Se tomó una muestra del agua de la perforación subterránea utilizada por el establecimiento a fin de evaluar su calidad. Se determinaron parámetros físicos y químicos en el campo con la ayuda de un equipo multiparamétrico portátil Hanna (modelo HI 9811-5) y un medidor de oxígeno disuelto portátil Orion (modelo 105 Aplus). Además, se analizaron muestras de agua para la

determinación de cloruros, nitratos y dureza total en el Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Minerales de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA) siguiendo métodos normalizados (APHA et al, 2005).

La interpretación de los resultados de la muestra extraída y analizada en el contexto de este estudio se realizó a partir de la comparación con los límites de concentración establecidos en el art. 982 del Código Alimentario Argentino (CAA) y la comparación con datos antecedentes.

### *Relevamiento de canillas, mangueras y tomas de agua utilizadas en la actividad*

Durante una de las visitas a la fábrica se llevó adelante el relevamiento de canillas, mangueras y tomas de agua utilizadas en la actividad como paso previo al análisis del ciclo del agua (Pua Carpio, 2010; Cisneros Basualdo, 2015; Boguniewicz-Zablocka et al., 2019 y Rolando, 2020). Con la información obtenida de este relevamiento y el plano de la fábrica, se graficó un esquema de la planta con la localización de todos los puntos de agua utilizados.

### *Análisis del ciclo del agua en la fábrica*

El análisis del ciclo del agua en el proceso productivo, se llevó a cabo siguiendo los procedimientos realizados por Pua Carpio (2010), Cisneros Basualdo (2015) y Boguniewicz-Zablocka et al. (2019) para estimar el consumo de agua a lo largo de una

jornada de trabajo. Para ello, se midió la cantidad de agua utilizada en cada etapa del proceso productivo y de la actividad de limpieza a partir del aforo de canillas, mangueras y tomas de agua relevadas anteriormente. Luego se realizó la sumatoria de todos los volúmenes para conocer el volumen total de agua consumida el día de la visita (litros/día). Sí bien los consumos de agua pueden variar levemente de acuerdo a las condiciones de producción, se decidió tomar este dato como representativo del resto de los días de la semana porque correspondió a un día típico y habitual del proceso productivo. Una vez obtenido el volumen de agua consumido por día, y conociendo la cantidad de leche procesada en la misma franja temporal, se calculó la relación litros agua utilizada/litros leche procesada para saber cuán eficiente es el uso del recurso en la fábrica según lo establecido en los manuales para industrias lácteas (United Nations Environment Programme, 2000; Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, 2002).

Finalmente, los datos de consumo de agua se volcaron en un diagrama de flujo a partir del cual identificar las posibilidades de ahorro y reutilización del recurso, así como los puntos críticos relacionados a la generación de efluentes líquidos (Pua Carpio, 2010; Cisneros Basualdo, 2015; Rolando, 2020).

*Cuantificación de los efluentes líquidos generados durante el proceso productivo*

Se cuantificó el volumen de efluentes líquidos generados por día, en base al diagrama de flujo antes detallado, y teniendo en cuenta que además los efluentes están compuestos por suero no colectado con restos de queso y agua sanitaria del establecimiento. El volumen de suero no colectado se estimó de manera directa durante la visita a la fábrica. En tanto, el volumen de agua sanitaria se estimó siguiendo una metodología antecedente que lo vincula a la cantidad de empleados de la fábrica (Organización Mundial de la Salud, 1985).

Obviamente el volumen de efluentes también varía levemente en los distintos días de producción de acuerdo al consumo de agua pero el valor calculado es representativo de un día “típico” de producción.

*Determinación de la calidad físico-química y bacteriológica de los efluentes líquidos*

Una vez obtenido el dato de la cantidad total de efluentes líquidos generados, se tomaron muestras en el punto de vertido al arroyo para determinar su calidad.

Siguiendo la Resolución N° 389/98 de la Administración General de Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires (AGOSBA) y su modificatoria N° 336/03 de la Autoridad del Agua (ADA), relativas a las normas de vertido de efluentes líquidos en cuerpos de agua, se seleccionaron los parámetros físicos, químicos y microbiológicos más importantes a determinar en el campo y

en el laboratorio según las características del efluente y lo establecido en estas normativas. Para dicha evaluación se colectó una muestra de 6 litros del efluente vertido, en el punto de salida del sistema de tratamiento, en botellas de agua mineral previamente enjuagadas con el líquido a analizar. La muestra fue enviada al Laboratorio de Análisis Químicos del Instituto de Hidrología de Llanuras (IHLLA) ubicado en la ciudad de Azul, donde se realizaron todas las determinaciones, a excepción del parámetro “Sustancias Activas al Azul de Metileno (S.A.A.M)” que fue determinado en el Instituto de Análisis Químicos Fares Taie de la ciudad de Mar del Plata. La muestra fue conservada en frío desde su recolección y durante su traslado a los laboratorios hasta su análisis de acuerdo a métodos normalizados (APHA et al, 2005).

Mientras que, para la evaluación de la calidad bacteriológica se colectó una

segunda muestra, utilizando un envase esterilizado de 100 ml. La misma fue trasladada al Laboratorio de Microbiología de los Alimentos de la Facultad de Ciencias Veterinarias (UNCPBA), en el cual se realizó el recuento de coliformes fecales.

En campo se midió la conductividad eléctrica y la temperatura del efluente con la ayuda de un equipo multiparamétrico portátil Hanna (modelo HI 9811-5).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Determinación de la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo*

A continuación, se presentan los resultados del análisis físico-químico de la muestra de agua de consumo de la fábrica de quesos en el año 2018 (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de las determinaciones físico-químicas sobre la muestra del agua de consumo de la industria.

	PARÁMETROS	RESULTADOS	VALORES GUÍA PARA CALIDAD DE AGUA POTABLE (ART. 982° - CAA)
Determinados en campo	pH	6,9	6,5-8,5
	Conductividad Eléctrica (CE)	2.520 $\mu$ S/cm	-
	T°	17,5 °C	-
	Oxígeno Disuelto	4,7 mg/l (20,4 °C)	-
	(OD) % de saturación de OD	53,8%	-
	Carbonatos (CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> )	-	-
	Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> )	900 mg/l	-
Determinados en Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Minerales (FCV-UNCPBA)	Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	132 mg/l	350 mg/l
	Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	<b>116 mg/l*</b>	45 mg/l
	Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	<b>722 mg/l*</b>	400 mg/l

\*Los resultados indicados en **negrita** superan los límites de concentración fijados en la normativa (art. 982° del CAA).

Se pudo identificar que el agua utilizada en la fábrica no posee una calidad físico-química apta para consumo humano y tampoco para la producción de alimentos, ya que las concentraciones de nitratos (115,7 mg/l) y de dureza total (721,6 mg/l CaCO<sub>3</sub>) halladas en la muestra exceden los límites máximos permitidos por el CAA (art. 982°).

Sumado a esto, según análisis antecedentes del 2016, el agua tampoco es apta para consumo humano debido a la presencia de bacterias. Sin embargo, los análisis realizados en octubre y noviembre del año 2018, demuestran un

mejoramiento en la calidad del agua en relación a éstos parámetros posiblemente debido a la colocación de una bomba dosificadora de cloro antes de su utilización en la actividad.

#### *Relevamiento de canillas, mangueras y tomas de agua utilizadas en la actividad*

Como resultado del relevamiento de canillas, mangueras y tomas de agua utilizadas en el proceso productivo y la limpieza del establecimiento, se pudieron identificar 10 puntos de agua (A1, A2, B1, B2, C1, C2, D, E, F, G) que abastecen a estas actividades con agua de pozo previamente clorada (Figura 1).

*Análisis del ciclo del agua en la fábrica*

A continuación (Tabla 2), se presentan los volúmenes promedio de agua utilizados en cada etapa del proceso productivo, actividad de limpieza, y en la jornada completa, identificando los puntos de agua de donde fueron obtenidos. Conociendo el consumo de agua diario (4.246 litros) y la cantidad de leche procesada por día (4.267 litros), se estimó que por cada litro de leche procesada en la fábrica se utilizan 0,9 litros de agua

El consumo de agua en la fábrica es bastante eficiente con respecto a otros estudios de caso en los cuales la relación fue de 2 y 7,5 (Pua Carpio, 2010 y Banqueri, 2019, respectivamente), y 3,8 y 4,6 en dos fábricas de Polonia (Boguniewicz-Zablocka et al., 2019). Todos los datos de consumo de agua fueron volcados en un diagrama en el cual se indican los flujos de entrada, salida y reutilización de agua (Figura 2)

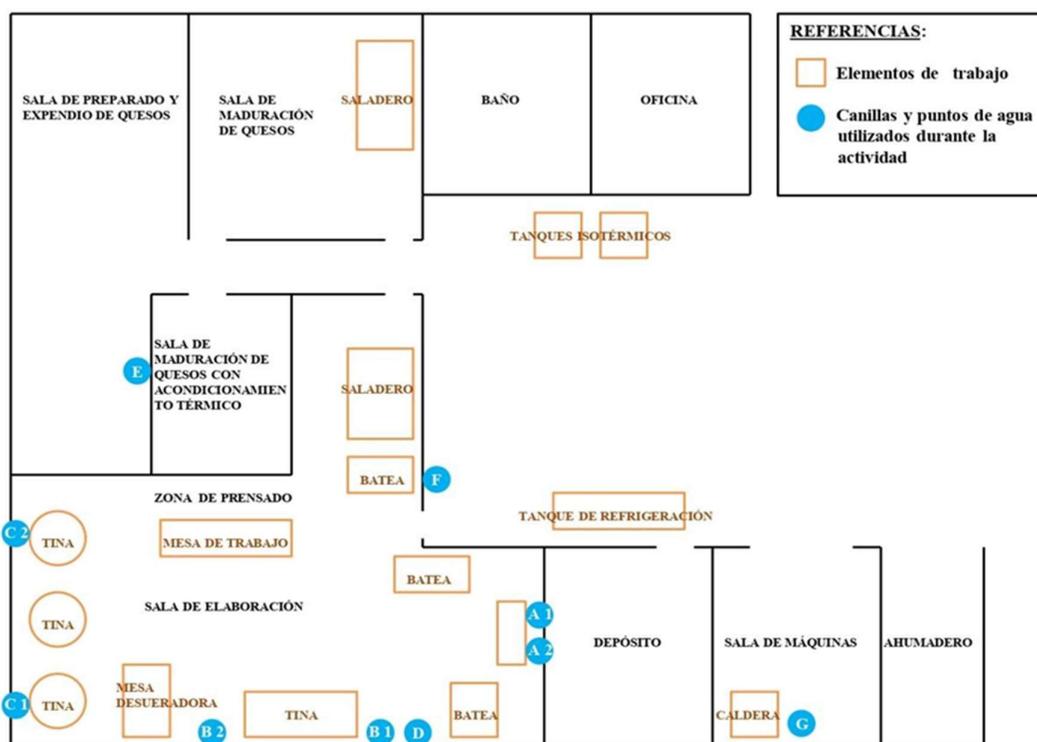


Figura 1. Esquema de la fábrica de estudio donde se indican las canillas, mangueras y puntos de agua utilizados durante una jornada de trabajo.

Tabla 2. Consumos de agua en la fábrica.

ETAPA DE PROCESO/LAVADO		PUNTO DE AGUA UTILIZADO (CANILLA O MANGUERA)	VOLUMEN DE AGUA CONSUMIDO (LITROS/DÍA) *
<b>Recepción</b>	Lavado de cisterna de camión y mangueras	F	82
	Lavado de entrada del camión	F	92
<b>Almacenamiento</b>	Lavado de tanques	F	32
<b>Pasteurización</b>	Enjuague preoperacional con ácido peracético	A1	<b>139</b>
	Intercambio de calor	A2	<b>42</b>
	Circulación de agua	A1	<b>416</b>
	Enjuague con detergente alcalino	A1	<b>160</b>
	Enjuague con detergente ácido	A1	<b>140</b>
	Enjuague final	A1	<b>560</b>
<b>Lavado de masa</b>	Agregado de agua	C2	75
<b>Cocción</b>	Vapor de agua	G	399
	Lavado de tinajas	C1 y C2	558
<b>Desuerado</b>	Lavado de mesa desueradora y pisos	B1	1.308
<b>Moldeo</b>	Lavado de mesa de trabajo y pisos	D	23
<b>Terminación rotulado y</b>	Lavado de pisos de sala de acondicionamiento de quesos	E	220
<b>CONSUMO TOTAL DE AGUA/DÍA</b>			<b>4.246</b>

\*Los valores en **negrita** representan los volúmenes que luego son reutilizados en el llenado de bateas, limpieza de moldes, pisos, mesada de trabajo, mesa desueradora, prensa y otras superficies de la sala de elaboración.

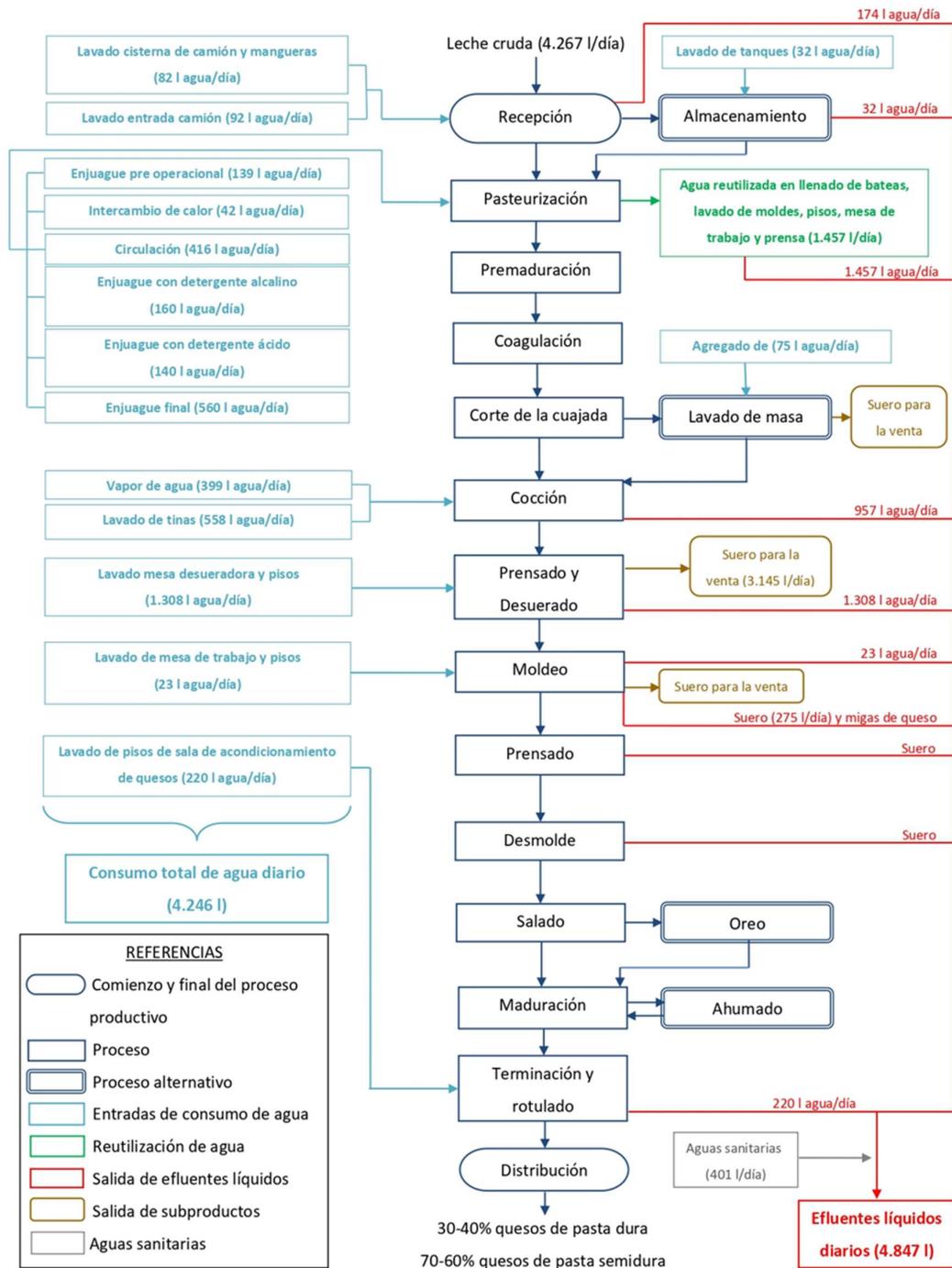


Figura 2. Diagrama de flujo del ciclo del agua en el proceso productivo de la fábrica analizada.

*Puntos ambientales críticos relacionados al consumo de agua y generación de efluentes líquidos*

A partir del análisis del ciclo del agua en el proceso productivo y la construcción del diagrama de flujo en base al mismo (Figura 2) se pudo identificar al lavado de la mesa desueradora y los pisos de la sala de elaboración como la actividad de mayor consumo de agua, seguido por la limpieza del pasteurizador (que involucra al enjuague preoperacional, al enjuague con detergentes ácido y alcalino, y al enjuague final). Estas actividades representan el 31% y el 23% del consumo total de agua (4.246 litros/día) del proceso productivo, respectivamente, y asimismo, contribuyen a aumentar el volumen del efluente final (con un aporte de 1.308 y 999 litros de agua/día, respectivamente) así como su carga contaminante mediante el aporte de restos de producción y productos químicos.

Otras fábricas identifican a la pasteurización y al enfriamiento de la leche como uno de los puntos de mayor consumo de agua del proceso productivo, especialmente si no se reutiliza parte de ella en otras actividades (Pua Carpio, 2010; Córdoba et al., 2016; Rolando, 2020). No obstante, en la fábrica de quesos estudiada, la colocación de un pasteurizador a placas permite un uso más eficiente del agua involucrada en estas etapas y reutilizar la totalidad de los volúmenes (1.457 litros/día) para la limpieza de la sala de elaboración.

Por otro lado, el punto más problemático en relación a la composición de los efluentes líquidos es el descarte de la mayor parte del suero generado durante la etapa de moldeo (275 litros/día). Este subproducto contribuye a aumentar la carga orgánica del efluente final, como consecuencia de su manejo inadecuado en la mesa de trabajo y su mezclado con los efluentes generados durante las demás etapas del proceso productivo, tal como pudo verificarse a partir de los resultados obtenidos de DQO (6.088 mg/l) y DBO<sub>5</sub> (5.624 mg/l) en la muestra de efluente analizada; contribuye esto además a generar un efluente de pH ácido (5,4). Problemas similares han sido detectados en otros establecimientos lácteos de la zona (Córdoba et al., 2016 y Rolando, 2020). Sin embargo, cabe destacar que el mayor volumen de suero generado en la fábrica (durante el desuerado de la cuajada) se colecta para su venta a una fábrica de ricota.

Finalmente, se pudo identificar que las rejillas del piso de la sala de elaboración, no cumplen con su función de separación de las migas de queso de la fase líquida compuesta por agua, leche, suero y productos químicos, provocando el aumento de la carga contaminante del efluente final y dificultando la capacidad de depuración del mismo en las piletas.

*Cuantificación de los efluentes líquidos generados durante el proceso productivo*

En promedio, se generan 4.847 litros de efluentes líquidos/día en la fábrica de quesos, compuestos por agua con productos químicos de limpieza y

desinfección (4.171 litros/día), suero no colectado (alrededor de 275 litros/día), leche, migas de queso, agua sanitaria del establecimiento (401 litros/día aprox.) y en menor proporción, suciedades del movimiento en la fábrica.

#### *Características físico-químicas y bacteriológicas de los efluentes*

A continuación, se presentan los resultados de los análisis de calidad físico-química y bacteriológica de los efluentes líquidos generados en la fábrica de quesos en el año 2019 (Tabla 3).

Se determinó que los efluentes líquidos de la fábrica no poseen una calidad fisicoquímica ni bacteriológica apta para su vuelco en el arroyo Langueyú, debido a que la totalidad de los parámetros sobrepasan los límites establecidos en la normativa (Res. 336/03 de ADA), exceptuando a las sustancias activas al azul de metileno (S.A.A.M) y al grupo de los nitrógenos (kjeldahl, de nitratos y de nitritos) para los que aún no se ha establecido un límite permisible.

Los resultados de DBO<sub>5</sub> (5.624 mg/l) y DQO (6.088 mg/l) demuestran que los efluentes finales poseen una carga orgánica muy elevada debido principalmente a la presencia de suero, y en segundo lugar a los restos de leche y migas de queso, las aguas residuales sanitarias y el agua de limpieza del establecimiento. Asimismo, otros autores han determinado la DBO<sub>5</sub> y DQO de los efluentes de otras fábricas de queso: 2.209 mg/l de DBO<sub>5</sub> (Rolando, 2020),

2.179 mg/l de DBO<sub>5</sub> y 3.962 mg/l de DQO (Hernández Amaguaya & Vásconez Vargas, 2014). Del mismo modo, el pH ácido obtenido en la fábrica estudiada en el presente trabajo (5,4) es indicativo de la presencia de suero en los efluentes líquidos y de la dificultad que conlleva su presencia para la depuración en el sistema de tratamiento. El valor obtenido para coliformes fecales (4,3 x 10<sup>3</sup> NMP/100 ml) fue mayor a lo permitido por la normativa ( $\leq 2000$  NMP/100 ml), lo que indica la presencia de aguas sanitarias en el efluente.

Los nutrientes nitrógeno y fósforo también están en concentraciones mayores a las permitidas por la normativa, al igual que en el estudio de Hernández Amaguaya & Vásconez Vargas (2014) (23,8 mg/l de fósforo) y Rocha Melongo (2015) (25 mg/l de nitrógeno total y 121,8 mg/l de fósforo).

Esto indica que el tratamiento no está logrando su propósito (situación que se comparte con otras fábricas medianas y pequeñas del Cluster Quesero Tandil, Córdoba et al., 2016), pero también un aumento en el riesgo de eutrofización del cuerpo de agua donde se realiza la descarga, teniendo en cuenta que otras industrias del rubro alimenticio, metalmecánico y de fabricación de productos metálicos y las plantas de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tandil, también realizan sus descargas allí (Banda Noriega & Díaz, 2010).

Tabla 3. Resultados de la calidad físico-química y bacteriológica de los efluentes líquidos.

	PARÁMETROS	RESULTADOS	LÍMITES PARA DESCARGAR A COND. PLUV. O CUERPO DE AGUA SUPERFICIAL (RES. 336/03-ADA) *
Determinados en campo	T°	18,9 °C	≤45 °C
	Conductividad eléctrica	6.500 µS/cm	-
Determinados en Laboratorio de Análisis Químicos del IHLLA (Azul)	pH	<b>5,4 upH</b>	6,5-10 upH
	DBO <sub>5</sub>	<b>5.624 mg/l</b>	≤50 mg/l
	DQO	<b>6.088 mg/l</b>	≤250 mg/l
	Fósforo total	<b>2,9 mg/l</b>	≤1,0 mg/l
	Nitrógeno amoniacal	<b>147,1 mg/l</b>	≤25 mg/l
	Nitrógeno orgánico	<b>55,5 mg/l</b>	≤10 mg/l
	Nitrógeno kjeldahl	202,7 mg/l	NE
	Nitrógeno de nitratos	25,9 mg/l	NE
	Nitrógeno de nitritos	0,2 mg/l	NE
	Nitrógeno total	<b>228,8 mg/l</b>	<35 mg/l
	Sólidos sedimentables en 10 min	<b>22 ml/l</b>	Ausente
	Sólidos sedimentables en 2 Hs	<b>30 ml/l</b>	<1,0 ml/l
Instituto de Análisis Químicos "Fares Taie" (Mar del Plata)	S.A.A.M	0,6 mg/l	≤2,0 mg/l
Laboratorio de Microbiología de los Alimentos (FCV - UNCPBA)	Coliformes fecales	<b>4,3 x 10<sup>3</sup> NMP/100 ml</b>	≤2.000 NMP/100 ml

NE: por el momento no se ha establecido límite permisible.

Ausente: menor que el límite de detección de la técnica analítica indicada.

\*Los resultados indicados en **negrita** superan los límites permitidos para descargar en el arroyo, según la Resolución N° 336/03 de ADA.

Por último, los sólidos sedimentables en 2 hs (30 ml/l) sobrepasaron el límite establecido por la normativa (<1,0 ml/l) para el vuelco en cuerpos de agua.

#### *Propuestas de minimización en la generación de efluentes líquidos*

Del análisis del ciclo del agua se reflexionaron estrategias que potencialmente contribuyan a reducir la carga orgánica con que ingresan los efluentes al sistema de tratamiento, ayuden a adecuar el pH a los valores recomendados, reduzcan las posibilidades de contaminación del ecosistema acuático, como así también la generación de olores y vectores molestos para la comunidad. Estas propuestas fueron pensadas teniendo en cuenta un costo económico razonable para el productor de la fábrica. Entre ellas se pueden mencionar:

-Controlar que las mangueras utilizadas para el bombeo de la leche y el suero en la fábrica estén correctamente conectadas, a fin de evitar derrames y su posterior drenaje junto a las aguas residuales de limpieza.

-Sustituir las rejillas del piso de la sala de elaboración por otras con espacios de filtración más pequeños a fin de lograr una mayor eficiencia en la retención de las migas de queso.

-Colocar un sistema de recolección del suero liberado durante el moldeado de los quesos en la mesada de trabajo, que permita su retención y posterior venta a la fábrica de ricota.

-Retirar en seco la mayor cantidad de lactosuero y restos de queso de la mesa de trabajo, moldes y pisos previo al lavado con agua.

-Inspeccionar periódicamente los puntos críticos relacionados a la generación de efluentes líquidos en la fábrica, a fin de identificar posibles derrames y/o pérdidas de leche, suero y queso para darles una solución rápida y evitar que se mezclen con las aguas residuales a tratar.

-Separar el efluente sanitario de las aguas residuales de la producción mediante la incorporación de un tratamiento y disposición final adecuada para dicho efluente.

-Comunicar y educar al personal con respecto a la importancia de implementar las acciones anteriormente mencionadas.

Otras posibles acciones orientadas a reducir el consumo de agua durante la actividad y de esta forma el volumen de los efluentes líquidos a tratar, es el caso de la limpieza del establecimiento con agua a presión, mediante hidrolavadoras o picos a presión.

#### **CONCLUSIONES**

En relación al uso del agua, los mayores consumos en la planta estudiada corresponden a las actividades de limpieza. En este aspecto la fábrica tiene la ventaja de contar con un pasteurizador a placas que permite realizar el enfriamiento de la leche de forma más eficiente que lo habitual en este tipo de

industrias, disminuyendo el consumo diario de agua y reutilizando el 34% de la misma en otras operaciones. La fábrica presenta como principales debilidades en cuanto al uso de agua la ausencia de retiro de sólidos previo a la limpieza y del uso de mangueras a presión para reducir el volumen de agua utilizado en dicha actividad.

En cuanto a la generación de efluentes, la fábrica presenta como principal fortaleza la venta de suero para producción de ricota, aunque esto podría potenciarse si su recolección fuera más eficiente en la etapa de moldeo. Como principales debilidades se identifican: la presencia de sólidos, no retenidos en rejillas de los pisos de la fábrica, y de suero en el efluente final; así como el aporte a éste de las aguas sanitarias. Esto sumado a un sistema de tratamiento de efluentes con muchas falencias produce la descarga en el arroyo de un efluente con carga orgánica, nutrientes y pH elevados, incumpliendo incluso la normativa provincial.

El hecho de que la fábrica estudiada sea de pequeñas dimensiones con una producción de efluentes bastante regular en cantidad y calidad, se considera una fortaleza en pos de diseñar e implementar un sistema de tratamiento de efluentes líquidos del que se obtenga un efluente de descarga adecuado a la normativa vigente.

La identificación de puntos críticos relacionados al uso y gestión del agua y a la generación de efluentes líquidos permitió reflexionar sobre las posibles formas de ahorro o revalorización de los recursos implicados en el proceso productivo, así como sobre las medidas que permitirían mejoras en el efluente que se descarga al arroyo.

Las propuestas surgidas de este trabajo se consideran adecuadas para mejorar la eficiencia del uso de agua y del manejo de efluentes líquidos en otras fábricas de quesos que posean problemas similares.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Los análisis de laboratorio han sido parcialmente financiados por el proyecto interdisciplinario orientado (PIO-SECAT) "Ciclo del agua en establecimientos lecheros: uso y calidad". Responsables: Dr. Alejandro Ruiz de Galarreta (FCH) y Dra. Alejandra Kruger (FCV). Período: 05/2018-05/2019. Resolución de Consejo Superior UNICEN N° 6845/2017.

La autora Candelaria Corengia participó en este trabajo a través de una beca de iniciación a la investigación (INI-SECAT-UNCPBA 2019/2020) en el marco del *Programa de Fortalecimiento de la Ciencia y Tecnología en Universidades Nacionales* de la Secretaría de Políticas Universitarias

## BIBLIOGRAFÍA

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association & Water Environment Federation. (2005). Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater. (21a edición). Centennial Edition.

Banda Noriega, R. & Díaz, A. A. (2010). Estimación de cargas contaminantes del arroyo Langueyú. Tandil. Buenos Aires. Ciencia, 5(20), 157-171. <http://www.exactas.unca.edu.ar/revista/v200/pdf/ciencia20-12.pdf>

Banda Noriega, R., Ruiz de Galarreta, A., Barranquero, R., Díaz, A., Miguel, E., & Rodríguez, C. I. (2008). Caracterización de cargas contaminantes generadas en Tandil y su implicancia en el recurso hídrico [Ponencia]. II Congreso Internacional sobre gestión y tratamiento integral del agua, Córdoba, Argentina. <https://www.researchgate.net/publication/319621732>

Banqueri, D. A. (2019). Propuesta de Manejo Ambiental para la empresa Cayelac S.A [Trabajo final de grado, Universidad Siglo 21]. <https://repositorio.uesiglo21.edu.ar/handle/ues21/17685>

Barranquero, R. S., Varni, M., & Ruiz de Galarreta, A. (2015). Relación arroyo-acuífero en un sistema hídrico afectado por explotación antrópica. Revista Estudios Ambientales, 3(2), 30-51. <http://ojs.fch.unicen.edu.ar/index.php/estudios-ambientales/article/view/45>

Boguniewicz-Zablocka, J., Klosok-Bazan, I., & Naddeo, V. (2019). Water quality and resource management in the dairy industry. Environ Sci Pollut Res, 26, 1208–1216. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0608-8>

Bruno, M., Borrás, G., & Viteri, M. L. (2016). Prácticas de comercialización y consumo en Tandil. El circuito del salame y queso [Ponencia] IX Jornadas de Sociología de la Universidad Nacional de La Plata, Ensenada, Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/75069>

Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia. (2002). Prevención de la contaminación en la Industria láctea. Autoedición. <https://docplayer.es/6097248-Industria-lacteaprevencion-de-la-contaminacion-en-la.html>

Cisneros Basualdo, N. E. (2015). Diagnóstico ambiental de dos tambos en la cuenca Mar y Sierras, Tandil, Provincia de Buenos Aires [Tesis de grado, Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires]. <https://ridaa.unicen.edu.ar:8443/server/api/core/bitstreams/6d2ad6bb-0240-4ddb-a760-5f0ea3cc8967/content>

Código Alimentario Argentino [CAA]. Ley 18284 de 1969. Artículo 982°. 18 de julio de 1969 (Argentina).

Córdoba, J., Di Giorgi, H. D., Zubiaurre, L., Cisneros Basualdo, N. E., Puricelli, M., & Rolando, R. (2016). Gestión del agua y residuos de queserías familiares del clúster quesero de Tandil: resultados preliminares [Ponencia]. I Jornadas Internacionales de Ambiente y III Jornadas Nacionales de Ambiente, Tandil, Buenos Aires, Argentina. <https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/5546>

Cury, R. K., Aguas, M. Y., Martínez M. A., Olivero, V. R., & Chams, C. L. (2017). Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. Revista Colombiana de Ciencia Animal RECIA, 9(S), 122-132. <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/530>

Gómez Orea, D., & De Miguel, C. (1994). Auditoría ambiental: un instrumento de gestión en la empresa. Agrícola Española S.A.

González Cáceres, M. D. J. (2012). Aspectos medioambientales asociados a los procesos de la industria láctea. Mundo pecuario, 8(1), 16-32. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/34620>

Hernández Amaguaya, W. J. & Váscquez Vargas, J. F. (2014). Diseño y construcción de una planta de tratamientos de aguas residuales: Quesera "El Salinerito", Salinas, Bolívar [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3650>

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2019). Estado de situación de la industria láctea argentina: para la definición de políticas públicas 2016-2018. [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss\\_lecheria/industria/estado/estado.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/industria/estado/estado.pdf)

Ministerio de Agroindustria de la Nación. (2019). Relevamiento y evaluación de la competitividad de la industria láctea argentina 2016-2018. [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss\\_lecheria/industria/relevamiento/index.php](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/industria/relevamiento/index.php)

Organización Mundial de la Salud. (1985). Evaluación rápida de fuentes de contaminación de aire, agua y suelo. (Athié Lábarri, M. & Pisanty, L. J., Trad.). Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. (Obra original publicada en 1984).

Pua Carpio, A. S. (2010). Caracterización del consumo de agua de la planta de lácteos, Zamorano [Proyecto especial de graduación, Escuela Agrícola Panamericana]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/551/1/IAD-2010-T022.pdf>

Rocha Melongo, L. (2015). Aplicación de la digestión anaerobia para el tratamiento del efluente de la planta de lácteos de Zamorano y evaluación de su potencial energético [Proyecto especial de graduación, Escuela Agrícola Panamericana]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/4521>

Rodríguez Balladares, L. A. (2016). Propuesta de un plan de manejo ambiental para la agro empresa "La Quesera" del cantón Colta Provincia de Chimborazo [Tesis de grado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec>

Rolando, R.N. (2020). Diagnóstico ambiental de una fábrica de quesos y dulce de leche del partido de Tandil, Provincia de Buenos Aires [Tesis de grado, Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires]. <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/2435>

Saval, S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: Pasado, presente y futuro. *BioTecnología*, 16(2), 14-46. <https://smbb.mx/revista-biotecnologia-2012-vol-16-no2/>

United Nations Environment Programme. (2000). Cleaner production assessment in dairy processing. Autoedición. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/9562>

Villena, L. J. (1995). Contaminación de industrias lácteas. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, 8, 11-38. <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/3823>