

## CAPÍTULO 7

# “ASPECTOS DE AMBIENTALES EN LA ELABORACIÓN DE QUESOS EN PEQUEÑAS QUESERÍAS”

**Josué Martínez Lagos**

Dr., M.Sc., Master en Dirección y Planificación de Empresas, Ing. Ambiental  
INIA REMEHUE

### Introducción

Se entiende como quesería un negocio especializado en la producción de diferentes tipos de quesos (ej. frescos, madurados, etc.), cuya base es la leche de animales como vacas, ovejas, cabras, etc. Existen diferencias importantes entre las pequeñas queserías y las de mayor tamaño (industria láctea mayor), ya que estas últimas son plantas comerciales de producción en masa, en donde la leche que sirve de materia prima puede provenir de distintos proveedores, contando además con un mayor grado de automatización en el uso de maquinaria y tecnología.

El principal problema para la industria del queso es que el mercado interno es muy pequeño y el consumo es estacional (aumenta en los meses de febrero y marzo, y se mantiene estable hasta octubre), coincidiendo el periodo de más alto consumo con la menor producción de quesos (Navarro et al., 2009). Además, los consumidores de productos derivados de los lácteos, son cada vez más exigentes, demandando alimentos inocuos, saludables y que también hayan sido producidos en condiciones amigables con el medio ambiente.

En este sentido, los productores de queso, independientemente de la escala, se enfrentan actualmente con problemas como la disponibilidad, costos y manejo de los insumos necesarios (ej. agua potable, energía, etc.), y la necesidad de gestionar adecuadamente los residuos líquidos (ej. lactosuero) y sólidos generados (ej. plásticos, restos orgánicos, etc.), ya que estos aspectos pueden influir negativamente en el manejo sanitario de la quesería.

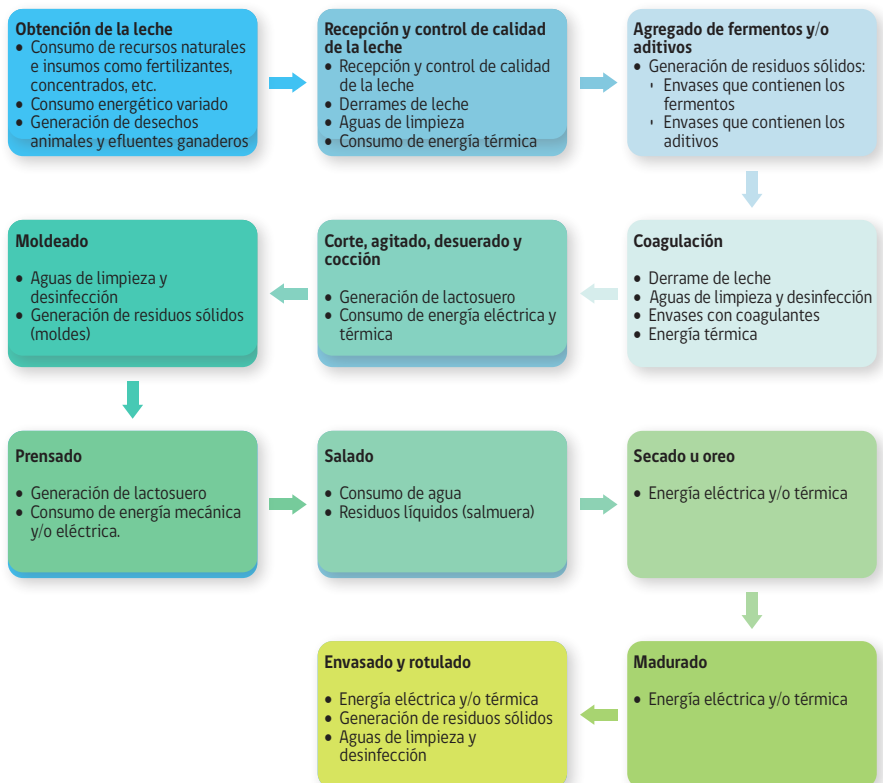
Para la elaboración de queso se requieren recursos para llevar a cabo las tareas productivas, generándose subproductos y/o residuos que de no ser bien manejados pueden llegar a producir un riesgo de contaminación ambiental, afectando negativamente al ecosistema. La generación de subproductos y/o residuos puede variar de acuerdo a varios factores como, por ejemplo: el

volumen de producción, tipo y naturaleza de los insumos utilizados, eficiencia de uso y manejos varios realizados durante el proceso productivo.

En este capítulo presentaremos algunos de los principales impactos que pueden ocasionarse en las distintas etapas de elaboración de queso en pequeñas queserías, brindando algunas recomendaciones para mitigarlos y así causar el menor riesgo ambiental posible.

## Consideraciones respecto del consumo de recursos y generación de residuos

La Figura 10 resume las principales consideraciones relacionadas con el consumo de recursos y generación de residuos en relación con las distintas etapas de producción de queso.



**Figura 10.** Principales consideraciones relacionadas con el consumo de recursos y generación de residuos relacionados con la producción de quesos.

(Fuente: Adaptado de Finnegan et al. (2018); Palmieri et al. (2017); Kim et al. (2013); CAR/PL (2002); Medina (1987))

A continuación, se detallan algunas consideraciones relacionadas con el consumo de recursos y generación de residuos de acuerdo a las distintas etapas del proceso de elaboración de queso:

## **Obtención de la leche**

En el proceso de obtención de la leche se recomienda considerar las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) expuestas en el capítulo 3 de este manual. Además, independientemente de si la leche se destinará a la fabricación de queso, consumo en fresco o elaboración de otros subproductos es recomendable que el pequeño productor emplee Buenas Prácticas de Ordeño (BPO), ya que son medidas que ayudan a garantizar que el alimento (o materia prima, si es que formará parte de otro proceso productivo) presente características higiénicas y de calidad adecuadas para el consumo humano. Las buenas prácticas deben realizarse antes, durante y después el ordeño, tal como lo indica la Figura 11.

Durante el ordeño se producen efluentes como los purines, que son la mezcla de restos de leche, aguas de lavado de pezones, instalaciones y equipos para ordeña y enfriamiento de la leche, fecas y orina animal, partículas de suelo que habían quedado adheridas a las patas del animal, polvo, etc. Es importante considerar que, si no se realiza un adecuado manejo de éstos, pueden llegar a ser una fuente de contaminación para cuerpos de agua superficiales y/o subterráneos (Salazar et al., 2003).

Los purines poseen macro y micro nutrientes que pueden ser aprovechados desde el punto de vista agrícola como fertilizante/enmienda orgánica al suelo, pradera o cultivos forrajeros, sin embargo, deben guardarse algunas consideraciones importantes como la dosis, época y forma de aplicación (Salazar, 2012). El adecuado manejo y valorización de estos residuos no solo trae ventajas positivas desde el punto de vista ambiental, sino también económicas, ya que, al ser adecuadamente utilizado como fuente de nutrientes, el productor ahorrará en la compra de fertilizantes minerales comerciales (Del Prado et al., 2011).

Además, en los patios de espera se puede recolectar una gran cantidad de estiércol animal, cuyas características dependen de factores como la alimentación, edad, raza, etc. Este material es rico en materia orgánica y nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, que son elementos esenciales para el desarrollo de plantas (Knowlton et al., 2010). Para realizar la valorización de este recurso se puede emplear un proceso de compostaje en pilas (Martínez-Lagos et al., 2016), utilizando el material por sí solo o en combinación con otros residuos orgánicos desbalanceados en carbono (C) y nitrógeno (N).

Este material ayudará a aportar con microorganismos que transforman la materia orgánica y los nutrientes contenidos en el estiércol, siendo un excelente inóculo para la activación de la actividad microbiana del proceso (además ayuda en el equilibrio de la relación C/N, mejorando la estructura física del producto). Las proporciones varían dependiendo del tipo de producto final que se desee obtener y de los materiales disponibles, si es que se desea utilizarlo en mezcla (ej. aserrín de madera, cascarilla, paja, etc.).

Al igual que como con el uso de los purines debe considerarse la correcta dosis y época de aplicación, la cual varía en función de los nutrientes disponibles en el suelo, características bioquímicas del compost (ej. contenido de N), y de los requerimientos de la pradera o cultivo. Es necesario destacar que existe una normativa nacional sobre compost - clasificación y requisitos que es la NCh2880/2003 (INN, 2003).

Otra opción consiste en la utilización de lombricompost o vermicompost que es el producto resultante de la digestión de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) sobre residuos orgánicos de origen animal o vegetal. Las lombrices se alimentan de los residuos, descomponiéndolos y dejándolos disponibles para que microorganismos actúen en ellos, obteniendo como resultado un producto orgánico homogéneo, de color oscuro, rico en nutrientes que se puede utilizar como biofertilizante en todo tipo de cultivos y plantas, solo o mezclado con otros abonos orgánicos, como compost y/o bokashi, en una proporción de 1/3 de cada uno, siendo recomendable la aplicación del equivalente a 2 litros de lombricompost por metro cuadrado. Este material orgánico fomenta la actividad microbiana en el suelo, además de mejorar sus propiedades químicas, físicas y biológicas (Céspedes, 2019).

Tanto en la aplicación de purines o de compost pueden generarse problemas ambientales si no se realiza un manejo adecuado (ej. vertidos en cuerpos de agua, lixiviación de nitratos, malos olores, vectores, emisiones de gases y partículas, etc.), por lo que es importante conocer las mejores condiciones de manejo con el fin de evitar la contaminación del ecosistema, aprovechando eficazmente el ciclado de nutrientes en el predio.

## **Recepción y control de calidad de la leche**

En esta etapa se requiere evitar la contaminación de la leche por el uso de equipo o utensilios sucios, la presencia de insectos, o de sustancias químicas (desinfectantes, jabón, medicinas, etc.) que puedan alterar la pureza de la misma. Se recomienda que los recipientes con la leche estén cerrados, además de ser mantenidos en las condiciones más frescas posibles (ej. debajo de un árbol o

dentro de coolers o nevera si se está en terreno y mientras se traslada al próximo destino).

Es necesario refrigerar la leche para bajar su temperatura, almacenándola de 4 - 6°C en un tiempo máximo de 2 horas luego de la ordeña, con ello se limita el crecimiento de microorganismos que afectan la calidad de la misma, hasta el momento de recogida del camión de la planta, traslado al centro de acopio, sala de proceso, o sitio de producción de queso.

Es importante recalcar que se deben llevar registros que incluyan el volumen de producción por día, forma y tiempo de almacenamiento, temperatura, etc. ya que facilitarán disponer de información para mejorar el proceso de producción y la inocuidad/trazabilidad del alimento final.

Durante la etapa presente pueden producirse derrames involuntarios de leche durante el manejo, además, también podría generarse un volumen de residuos líquidos constituidos por las aguas de lavado de mantas, baldes, recipientes o equipos que pueden contener partículas, restos de leche, etc. También durante esta etapa existe un consumo de energía térmica derivado de la variación requerida de la temperatura de la leche, por lo que se precisa un buen control de procesos para mejorar la eficiencia energética.

## **Agregado de fermentos y/o aditivos**

En esta etapa, puede generarse un pequeño volumen de residuos sólidos, correspondientes a los envases que contienen los aditivos, los cuales deben ser separados y no deben reutilizarse para otros fines que puedan representar riesgos para la salud humana.

## **Coagulación de la leche**

Durante esta etapa, mientras se realiza el manejo de la leche, pueden producirse algunos derrames, que al realizar la limpieza formaran parte del volumen total de residuos líquidos generados en el proceso. También se generan residuos sólidos correspondientes a los envases que contienen los coagulantes. Puede existir además un consumo de energía térmica ocasionado por las condiciones de temperatura que se podrían requerirse para facilitar la formación de la cuajada.

## **Corte, agitado, desuerado y cocción**

En esta etapa se genera lactosuero que puede considerarse el principal factor de riesgo de contaminación ambiental en el proceso de elaboración de quesos.

## Antes del Ordeño

- Manejo de los animales: brindar suficiente alimento y agua a los animales en los potreros para estimular la producción de leche y facilitar la salida de la misma de las ubres.
- Preparación de los animales que serán ordeñados: procurar un buen trato en el arreo de los animales, brindando las mejores condiciones posibles de tranquilidad en patio de espera o corredores de acuerdo al horario de ordeño. Además, sujetar firmemente al animal para evitar accidentes durante el ordeño (ej. patadas, golpes, etc.).
- Preparación del ordeñador: la persona que realiza la ordeña debe lavarse muy bien las manos y brazos con agua y jabón, contando con ropa adecuada exclusiva para ello (delantal y gorro).
- Preparación del equipo que será utilizado en la ordeña: los utensilios deben estar lavados cuidadosamente con agua y jabón antes y después de cada ordeña para evitar que contengan residuos acumulados o partículas.
- Limpieza de infraestructura: los pisos y paredes del lugar de ordeña también deben ser lavados con agua y jabón, eliminando restos de fecas animales, tierra, etc. que pudieran contaminar la leche.

## Durante el Ordeño

- Limpieza de los pezones: el lavado de pezones debe realizarse con agua limpia en cada ordeño, independientemente de si se ordeña con ternero al pie o no (en el primer caso lavar bien la saliva que queda entre los pezones). Procure no lavar la ubre completa porque el secado puede resultar difícil, escurriendo agua que puede contener partículas que podrían llegar a la leche ordeñada.
- Secado de los pezones: pasar gentilmente una toalla por cada pezón hasta asegurarse que estén completamente secos
- Despunte: extraiga manualmente los primeros chorros de leche, almacenándolos en un recipiente oscuro que permita hacer una evaluación visual.
- Colocación de las pezoneras: en el caso de ordeña mecánica colocar las pezoneras evitando la entrada de aire al sistema de vacío.
- Ordeña del animal: si la ordeña es manual, procure realizar la ordeña con movimientos suaves, firmes y continuos, utilizando todos los dedos para apretar el pezón de la vaca. Si es mecánica, coloque adecuadamente las pezoneras, la leche deberá conducirse de manera automática por el sistema de tuberías hasta el tanque de almacenamiento. Es importante respetar el tiempo de ordeña máximo por animal.
- Desinfección de pezones: una vez retiradas las pezoneras o si ordeño con ternero al pie, realice un sellado del pezón utilizando una solución desinfectante (ej. tintura de yodo o producto clorado). Recuerde que establecimiento de infecciones por mastitis está altamente relacionado con condiciones que exponen la punta del pezón a bacterias.

## Después del Ordeño

- Liberación del animal: si el animal fue inmovilizado para la ordeña, retire cuidadosamente las ataduras utilizadas (ej. patas y cola), o libérelo de las estructuras que permitieron que el animal se mantuviera sin movimiento al ser ordeñado. Posteriormente conduzca tranquilamente al animal fuera de la zona de ordeña.
- Lavado de utensilios: los implementos que se utilizaron para la ordeña deben ser lavados con agua y jabón, cerciorándose que no queden residuos de leche o partículas adheridas a baldes, toallas o delantales.
- Lavado de instalaciones: proceda a la limpieza e higienización de instalaciones como pisos y paredes con agua y jabón, procurando eliminar restos de fecas, orina, suelo, leche, etc.
- Manejo de desechos animales: el agua de lavado con los desechos animales deben ser raspados del piso, preferiblemente en seco para evitar el consumo excesivo de agua, conduciéndolos hacia el pozo purinero o hacia una pila de compostaje en caso de querer aprovechar la fracción más sólida.

**Figura 11.** Buenas prácticas antes, durante y después el ordeño (adaptado de Barrientos-Asto (2017), Gonzáles (2015), FAO (2011) y Jones (2006)).

Las características del lactosuero generado varían en función del proceso de coagulación empleado (ej. el suero dulce no contiene ácido láctico, mientras que el suero ácido contiene más grasa y ácido láctico que el dulce).

Por su alto contenido orgánico, este material se caracteriza por una alta concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), que son medidas del oxígeno que se requiere para lograr una efectiva degradación química y biológica de la materia orgánica, respectivamente (ej. 30.000 - 50.000 mg DBO/L; Parra, 2010). La DBO es aportada principalmente por proteínas, carbohidratos, azúcar, lactosa y algunos detergentes.

Por lo anterior, no es recomendable realizar el vertido del lactosuero junto con las aguas residuales, ya que representa una pérdida de los constituyentes nutritivos del lactosuero y con ello una significativa pérdida significativa del potencial alimenticio y de energía (Parra, 2010) y un eminente riesgo de contaminación ambiental (Araujo et al., 2013).

En este sentido, la descarga continua de lactosuero en un cuerpo de agua puede llegar a alterar las propiedades fisicoquímicas y condiciones biológicas del ecosistema al reducir el oxígeno disponible en el medio, lo que traería repercusiones negativas a los organismos que ahí habitan. Además, si se realizan vertidos directos y permanentes al suelo, podría haber una alteración en el pH, y debido al contenido de nitrógeno presente en el lactosuero, que es soluble en agua, podría producirse una lixiviación que facilitaría el movimiento de este elemento a través del suelo hasta llegar a la capa freática, convirtiéndolo en un peligro para la salud a largo plazo (Valencia y Ramírez, 2009).

Por otra parte, en esta etapa también existe un consumo de energía derivado de las operaciones para el desuerado, corte, agitado y calentado, que variará dependiendo del grado de automatización y utilización de medios mecánicos que se empleen para la separación de la cuajada y el lactosuero.

## **Moldeado**

En esta etapa se generan aguas de lavado de moldes que se juntan con el volumen de residuos líquidos del proceso completo. Puede también existir una generación de residuos sólidos una vez cumplida la vida útil de los moldes empleados, los cuales pueden reutilizarse en otras funciones o reciclarse dependiendo del material del que estén fabricados y la finalidad que pretende darse.

## **Prensado**

En esta etapa también se genera lactosuero, aunque en menor volumen que durante la etapa de desuerado. Además, al igual que en dicha etapa hay un consumo energético que dependerá del grado de automatización/ mecanización del proceso.

## **Salado**

En la etapa se requiere un consumo variable de agua, ya sea para la elaboración de la solución saturada de sal o salmuera (y el vertido final después de su utilización) o para la limpieza de los restos de sal derivados de la aplicación en seco sobre la superficie del queso.

En ambos casos es importante tener en cuenta que el residuo líquido generado directamente, o el de sal sólida que finalmente se disuelve en aguas de limpieza, puede presentar alta conductividad, es decir alta concentración de iones disueltos en el agua, lo que está relacionado con la cantidad de sólidos totales disueltos (TDS, por sus siglas en inglés) y el potencial de transporte de la corriente eléctrica en agua.

Esto es importante en términos de calidad de aguas (dulces), ya que puede ser un indicador de cambios significativos en el rango constante de los cuerpos de agua, ayudando en la determinación de eventos puntuales de contaminación. Además, una alta conductividad también puede llegar a influir en la corrosión de metales y en el desarrollo de especies acuícolas, las cuales crecen mejor en ciertos rangos de salinidad (Rusydi, 2018).

## **Secado**

En una pequeña quesería no suelen requerirse insumos externos (ej. energía) para completar esta etapa, sin embargo, a nivel industrial si se utilizan equipos como túneles de secado, torres de espiral para cámaras de secado y sopladores. Estos equipos realizan un consumo de energía eléctrica que varía en función de la eficiencia del equipo, temperatura y humedad deseadas/alcanzadas y también del tiempo que dure el secado.

## **Madurado**

Como en la etapa anterior, puede existir un consumo energético asociado al periodo y condiciones de almacenamiento (temperatura y humedad) de los quesos en las cámaras o cavas.



## Envasado y rotulado

En el envasado y etiquetado se pueden generar algunos residuos sólidos (ej. etiquetas, cartones, films plásticos, etc.), que, al no constituir peligro, pueden ser gestionados junto a los residuos sólidos domiciliarios, tratando siempre de favorecer la valorización de los mismos a través del reciclado de ser posible.

Por otra parte, transversalmente a la mayoría de los procesos antes mencionados y dependiendo de las características de la suciedad existente en cada etapa se realizan operaciones de limpieza y/o desinfección de equipos e infraestructura mediante uno o varios protocolos. En la fabricación de quesos en pequeñas queserías los principales componentes de la suciedad son restos de leche, grasas, etc.

Las operaciones (limpieza y/o desinfección) requieren recursos como agua y energía, además de otros insumos como productos químicos ácidos o básicos (ej. jabón, detergentes, desinfectantes, etc.), los cuales generan aguas residuales con carga contaminante variable, que incluyen los restos de químicos (que pueden contener fosfatos y/o nitratos), la carga orgánica de los desechos de la producción (ej. grasa, proteínas de la leche, etc.), polvo y partículas.

Además, se generan residuos sólidos, como, por ejemplo, materiales como esponjas, escobas, filtros, envases de los productos de limpieza, material o equipos en desuso, además de restos de productos químicos. Para la desinfección suelen utilizarse medios físicos (como la aplicación de calor mediante agua caliente, vapor o aire caliente) o químicos (productos desinfectantes con germicidas como cloro u otras sustancias alcalinas). Los residuos sólidos o líquidos generados también deben gestionarse de manera adecuada para prevenir potenciales focos de contaminación en el predio o sala de producción de quesos.

## Resumen de los principales aspectos ambientales y recomendaciones para su gestión

Tal como fue descrito a lo largo del capítulo, los principales aspectos ambientales vinculados a la producción de quesos en pequeñas queserías están relacionados con:

**Consumo de recursos hídricos:** Principalmente para la obtención de alimento animal, extracción de leche y la mantención de condiciones higiénicas y sanitarias

mediante el lavado de equipos e infraestructura. El consumo de agua dependerá de la cantidad y tipo de queso que se produce, tamaño del predio, tamaño y diseño de sala de procesamiento y/o planta de producción, incorporación de tecnologías y grado de automatización, el sistema de gestión sanitaria existente, manejo de las operaciones de limpieza y las medidas de ahorro y/o recirculación de agua implantadas.

Para mejorar la gestión de este aspecto se recomienda utilizar el lavado con agua a presión, porque el aumento de la energía del impacto genera un mayor arrastre de partículas sólidas, ayudando reducir el consumo de agua. Además, se recomienda implementar llaves con corte automático y otros dispositivos para controlar el caudal.

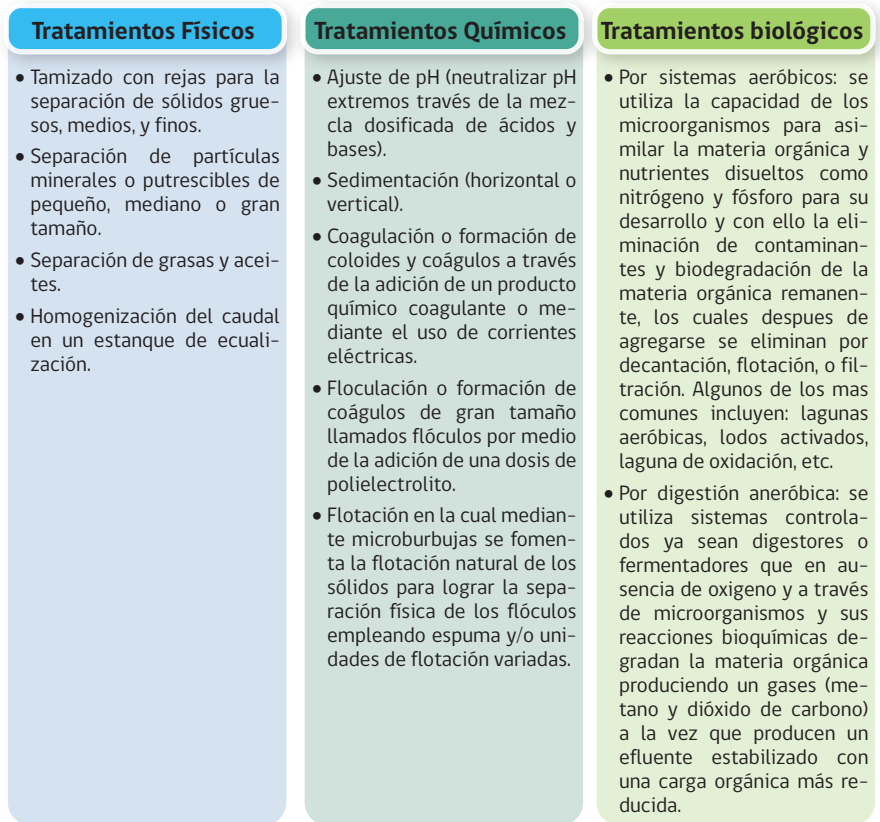
La calidad del agua requerida para el proceso de elaboración de quesos es la misma que corresponde a uso doméstico, y al entrar en contacto con la leche, cuajada, o salmuera, se degrada requiriendo en ocasiones una serie de tratamientos para que sea apta en términos de materia orgánica, pH adecuado y conductividad para el vertido al alcantarillado público o reutilización para otros fines según lo permita la normativa nacional.

**Generación de residuos líquidos con medio-alto contenido de material orgánico:** derivado de la obtención de productos (lactosuero), por pérdidas de producto durante el proceso productivo (ej. leche derramada, trozos de lácteos, etc.), agua proveniente de las operaciones de limpieza y/o desinfección en cada etapa productiva, y lavado de desechos animales generados durante la etapa de obtención de la leche. El manejo de estos residuos puede ser un problema para el agricultor tanto por el volumen generado, como por su carga contaminante que se caracteriza por alta materia orgánica (DBO, DQO), presencia de grasas, aceites, pH ácido o básicos extremos, altos niveles de nutrientes (ej. nitrógeno y fósforo), alta conductividad y sólidos suspendidos altos.

La descarga directa de este tipo de residuos a cuerpos de agua o al suelo sin un tratamiento previo (Ej. biodigestión anaeróbica o aeróbica, lombrifiltros, etc.) puede causar un impacto ambiental negativo para el ecosistema, cuya intensidad y daño variarán en función de la carga contaminante y de la capacidad del medio receptor de asimilarla (Valencia y Ramírez, 2009). Para mejorar la gestión de este tipo de residuos es importante la reducción en origen, a través de la implementación de medidas para mejorar el control y uso de recursos como el agua en todas las etapas de producción, siendo también importante reducir las pérdidas de leche o lactosuero, incentivando su reutilización/reciclaje.

Para los residuos líquidos generados existen operaciones unitarias de pre-

tratamiento o tratamiento (Figura 12) con las cuales se busca bajar los parámetros que más pueden influir en la contaminación del medio ambiente, como, por ejemplo: DBO, DQO, aceites y grasas, sólidos en suspensión y pH, hasta que cumplan con lo indicado en la normativa legal vigente, evitando así sanciones o multas por incumplimiento o posibles episodios de contaminación. También existen mezclas de distintos tratamientos, por ejemplo, el biofiltro o lombrifiltro utiliza una mezcla de principios químicos y biológicos, en donde se hace pasar el efluente no tratado (regado generalmente por aspersión, previa caracterización química), a través de un filtro biológico que consiste en una pila con distintas capas filtrantes, una de las cuales contiene lombrices (*Eisenia foetida*), bacterias y aserrín.



**Figura 12.** Algunos de los principales tratamientos para residuos líquidos de queserías (adaptado de García y Martí (2017); Carvalho et al. (2013); y Arango y Sanches de Sousa (2009))

La materia orgánica del efluente es degradada por las lombrices, obteniéndose finalmente un efluente depurado con ayuda de decantadores/filtradores y un subproducto que es el humus de lombriz que puede ser utilizado para fines agrícolas (ej. recuperación de suelos degradados, praderas, cultivos, etc.) o forestales (ej. mejorador de suelos en plantaciones forestales, viveros, etc.) como biofertilizante. Esta tecnología ha sido utilizada con éxito para el tratamiento de aguas residuales municipales, domiciliarias (Bajsa et al., 2003; Tomar y Suthar, 2011; Zhao, 2010) y para residuos de la industria láctea (Delgado y Castañeda, 2016; Carmona, 2010; Casas, 2009; Merlin y Cottin, 2009; Quille, 2019) especialmente para la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), turbidez, sólidos (suspendidos totales, volátiles y sedimentables), elementos como nitrógeno y fósforo, lípidos (grasas y aceites) y coliformes termotolerantes.

Una opción desarrollada en Chile es el Sistema Tohá®, que es un biofiltro percolador dinámico el cual también utiliza lombrices (*Eisenia foetida* o *Lombricus rubellus*) y diferentes lechos filtrantes. El efluente que se desea tratar se hace pasar por capas de material como piedra o gravilla, aserrín y un medio donde se encuentran las lombrices. La materia orgánica contenida en el residuo líquido es retenida, siendo consumida por las lombrices las cuales las transforman en humus y en más biomasa de lombrices, con ayuda de bacterias que degradan este material orgánico en presencia de oxígeno. El humus de lombriz que se obtiene en este sistema también puede ser utilizado para fines agrícolas y forestales (Salazar-Miranda, 2005). Esta tecnología ha sido ampliamente utilizada para el tratamiento de aguas residuales municipales, domiciliarias, urbanas y tratamiento de residuos líquidos industriales y lodos (Li et al., 2013).

El uso de otras alternativas como la aplicación de enzimas y microorganismos para minimizar la carga orgánica de efluentes de la industria láctea tratados biológicamente también han sido técnicamente evaluados (Costa, 2010). El uso de los efluentes (una vez realizado el tratamiento) para riego/infiltración en terrenos agrícolas dependerá del tipo y características del efluente final, de las propiedades del suelo (ej. permeabilidad, facilidad de lixiviación, etc.), y de la normativa legal nacional o recomendaciones internacionales (en caso de no existir nacionales) relacionadas con calidad para el riego, emisiones atmosféricas, olores, etc.

Para el caso específico del lactosuero existen opciones para evitar el vertido y llevar a cabo su valorización, la principal es destinarla a la alimentación de los animales del predio (ej. cerdos, terneros y vacas entre otros) aprovechando así el valor nutritivo que posee gracias al contenido de lactosa, proteínas, minerales y lípidos. En la valorización de este residuo también pueden realizarse procesos de secado, concentración por presión reducida y ósmosis inversa, producción de

ácido láctico y etanol, aditivo para piensos, generación de biogás, y desarrollo de nuevos productos como concentrados, formulados, bebidas fermentadas, salsa de queso, bebidas refrescantes, jarabes de glucosa, endulzantes, etc. (Prazeres et al., 2012; Zotta et al., 2020).

Para que el empleo de los tratamientos para residuos líquidos y/o su valorización sea exitosa se requiere que el productor posea conocimientos relacionados a la caracterización del residuo, conocimiento acerca de los principios de operación de los tratamientos o formas de valorización, tiempo para realizar las tareas que demandan dichos procedimientos y contar con recursos para realizar inversiones, cuyo monto variará de acuerdo al grado de tecnología requerida y volumen/características del efluente que debe tratarse.

**Consumo de energía térmica, eléctrica, y/o mecánica:** debido al mantenimiento de la calidad de la materia prima principal (ej. refrigeración de la leche que puede ser el mayor costo de consumo eléctrico), procesamiento de material a través de operaciones térmicas y/o mecánicas para la transformación de materia (ej. calentamiento, desuerado, prensado, generación de vapor, etc.), uso y funcionamiento de equipos (pasteurizadores, sistemas de limpieza, iluminación, agitadores, etc.), mantención de condiciones de temperatura y humedad del queso durante el almacenamiento (ej. aireación, etc.), empaque (ej. generación de vacío, etc.) y operaciones de limpieza (algunas de las cuales requieren energía térmica para alcanzar una cierta temperatura para el buen funcionamiento de los detergentes).

Parte de la energía térmica puede ser obtenida por la combustión de combustibles fósiles (ej. petróleo, bencina, gas, carbón, etc.) y/o fuentes renovables (ej. madera), que generan la emisión de gases y material particulado a la atmósfera, lo que contribuye al efecto invernadero. También puede haber un uso de estas fuentes de energía relacionado al transporte del producto hasta el sitio de comercialización, lo que incrementa su huella de carbono.

En esta línea, en la región de Los Ríos, se realizó un diagnóstico y caracterización energética a productores de leche, centros de acopio y productores de quesos, donde se determinó que en la producción de un litro de leche se requiere de 0,21 kWh (64,7% de energía eléctrica y 35,2% de energía térmica de gas licuado). Además, el estanque frío de almacenamiento de leche presenta un consumo entorno al 60% de la energía eléctrica, la bomba de vacío un 22%, la bomba de leche un 10% y otros equipos e iluminación un 7% (Valdovinos, 2015).

La adopción de medidas para favorecer el ahorro energético, como el empleo de equipos de alta eficiencia, sistemas que mejoren el consumo y utilización

de la energía en el predio, sala de procesos o planta de producción (ej. focos más eficientes, recuperadores de calor, reguladores de voltaje, etc.) y el mantenimiento periódico de los equipos pueden reducir los consumos de energía relacionados a la producción de quesos, lo que proporciona un beneficio económico al productor y también un beneficio ambiental para el planeta.

Respecto a la generación de energía renovable a partir de residuos de la industria láctea, en la región de Los Ríos, al igual que en otras regiones del país, se han utilizado sistemas de biodigestión anaeróbica para la generación de biogás y tratamiento de los mismos (Ávila et al., 2016). Estos, en ausencia de oxígeno y gracias al trabajo de comunidades de microorganismos, transforman un sustrato que contiene material orgánico (ej. lactosuero, fecas animales, efluentes de lechería, residuos de industria alimenticia, etc.) en biogás (mezcla de gases como metano, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, etc.) y digestato (efluente estabilizado que puede aplicarse como biofertilizante en praderas o cultivos forrajeros).

Este proceso se lleva a cabo en un biodigestor, que es un reactor (estanque cerrado, impermeable y hermético) donde se realiza la descomposición anaeróbica del material depositado, preferiblemente con aplicación de calor. El biogás tratado (eliminando sulfuro de hidrógeno y agua) puede ser transformado en energía eléctrica o térmica para usos productivos con ayuda de equipos mecánicos (Martí et al., 2017). De esta manera, la tecnología en mención no solo ayuda en el tratamiento de los residuos generados, como por ejemplo el lactosuero, sino que también puede proveer una fuente de energía renovable para ser utilizada por el productor agrícola, quesero u otros.

Esta tecnología ha sido parcialmente evaluada en ensayos realizados por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) con fecas de bovino lechero como sustrato, logrando generar un pequeño volumen de biogás (equivalente a 1286 L/semana) con una concentración promedio de 56,9% de metano y 43,1% de dióxido de carbono, empleando una planta modular con tecnología de biodigestión anaeróbica en vía húmeda adaptada para biomasa con contenido de materia seca inferior al 10% (Martínez-Lagos et al., 2018a).

Además, en un ensayo de macetas se determinó el efecto de la aplicación del digestato proveniente de la misma planta en los rendimientos de pradera y avena forrajera. Los resultados indicaron en el caso de la pradera (*Lolium perenne*) que la aplicación de digestato en una dosis de 30 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> presentó la mayor producción total con 4369 kg/ha, seguido por purín en dosis de 70 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> con 4168 kg/ha. En el de la avena forrajera (*Avena sativa*) la aplicación de digestato en dosis de 30 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, purín en dosis de 70 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> y purín en dosis de

30 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> presentaron los más altos rendimientos con 5285 kg/ha, 5070 kg/ha y 4514 kg/ha, respectivamente (Martínez-Lagos et al., 2018b).

Hasta el momento hay poca información de la región de Los Ríos publicada respecto al uso de lactosuero como sustrato para la generación de biogás, sin embargo, Ávila et al. (2016) indica que por kg de queso producido se generan 9 kg de suero, con una disponibilidad estimada de materia orgánica proveniente de la industria quesera regional de 24 mil toneladas, de las cuales el 3% corresponde a productores del segmento lácteo menor. Por su parte, Vermehren y Erlwein (2016) indican para este segmento una producción estimada de biogás y metano de 184.771 m<sup>3</sup> de biogás y 129.340 m<sup>3</sup> de metano, resaltando un mayor potencial en la generación de biogás de la industria láctea mayor (> 10 millones de L/año), especialmente de las plantas Colún y Soprole quienes por su elevada producción serían responsables de cerca del 75% del biogás que se podría producir en la región de Los Ríos.

**Generación de residuos sólidos inorgánicos y orgánicos:** se trata de productos plásticos de embalaje de materias primas y producto final, envases de fermentos, aditivos, coagulantes, etiquetas, moldes, maderas, metal, papel, vidrio, restos de material y producto no conforme o productos vencidos, equipos en desuso (chatarra), etc. Para realizar una buena gestión de los mismos se recomienda segregarlos, procurando el reciclaje de residuos orgánicos, destinándolos ya sea a procesos de compostaje, producción de humus de lombriz, o para la alimentación animal (Parra, 2009), y en el caso de envases y/o embalajes de madera, plástico, cartón o papel (dependiendo de lo que contuvieron y del estado actual) también deben reutilizarse o reciclarse.

Residuos como equipos en desuso o restos de maquinaria (chatarra) deben disponerse en vertedero y otros tipos de residuos de naturaleza peligrosa (envases que contuvieron sustancias químicas, biológicas, aceites, baterías, etc.) deben disponerse en centros especializados y autorizados por la municipalidad. Debe evitarse eliminar los residuos sólidos a través de la quema de los mismos o mediante la mezcla con los residuos líquidos, ya que en el primer caso, dependiendo de la eficiencia del proceso de combustión, pueden generarse emisiones atmosféricas (dióxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, trazas de compuestos volátiles, y/o material particulado con plomo y/o arsénico), y en el segundo caso puede producirse un efecto potenciador o sinérgico de contaminantes, dependiendo del tipo y naturaleza de los residuos.

Además de los puntos anteriores, en la elaboración de quesos pueden existir otros problemas ambientales menores que están relacionados con la generación de malos olores, ya sea por la descomposición de productos o subproductos del

proceso productivo, mal manejo de residuos sólidos o líquidos, equipos mal lavados, o almacenamiento inadecuado de quesos. Lo anterior puede generar un problema de vectores, como moscas o roedores, que afectan las condiciones higiénicas y sanitarias del sistema productivo. Para mejorar lo anterior, es necesario prevenir los problemas de este tipo, controlando mejor las etapas del proceso productivo y realizando un buen manejo de residuos, brindando además una adecuada ventilación en los lugares de almacenamiento e implementado un sistema de control de vectores efectivo.

Otro aspecto que puede llegar a ocasionar problemas es la generación de distintos niveles de ruido, ocasionado principalmente por el funcionamiento de algunos equipos, operaciones de limpieza y/o desinfección y/o circulación de vehículos para trasladar materia prima o el producto final (ej. camiones). Si bien es cierto, no es un problema que sea considerado relevante por la mayoría de los agricultores o fabricantes de queso, podría llegar a ocasionar molestias en los vecinos cercanos al predio, sala de proceso o planta de producción, por lo que se recomienda identificar las actividades que lo generan y controlar los niveles de ruido para disminuir el potencial impacto negativo en el medio ambiente circundante.

## **Medidas de prevención y tratamiento de la contaminación**

Para reducir los consumos excesivos de recursos hídricos, de energía térmica, eléctrica, y/o mecánica, y la generación de residuos líquidos y sólidos inorgánicos y orgánicos se recomienda:

- Implementar acciones para la reducción en origen, es decir intervenir los protocolos de los procesos y operaciones, y la composición de algunos insumos/productos para reducir consumos excesivos y reducir a la vez la generación de residuos.
- Incorporar tecnologías de producción avanzadas y limpias, optimizando el uso de los insumos y recursos en la medida de lo posible.
- Valorizar mediante reutilización y/o reciclaje de materiales, entendiéndose como reutilización el uso de los productos nuevamente para el mismo u otro fin compatible con el medio ambiente, y como reciclaje al aprovechamiento del material o sustancias de fabricación de un insumo, producto o recurso, convirtiéndolo en otra cosa o aprovechando uno o varios de sus componentes.
- Tratar los desechos sólidos o líquidos, mediante el empleo de operaciones destinadas a modificar las características físicas, químicas o biológicas de los residuos para que su eliminación, descarga o gestión integral esté



en concordancia con la normativa legal vigente y así se genere el mínimo impacto ambiental.

Otras medidas recomendadas para mejorar el desempeño ambiental y la sustentabilidad en la producción de quesos se resumen en la Tabla 10. Mantener un enfoque preventivo frente a potenciales problemas ambientales derivados de los procesos productivos es relevante para el productor desde el punto de vista económico y ambiental, siendo la valorización de los residuos un punto importante a considerar en la fabricación de quesos, ya que colabora a lograr una economía circular en la cadena productiva, donde se brinda una segunda vida a algunos de los residuos, minimizando la introducción de nuevas materias primas innecesarias al proceso productivo, y previniendo de esta forma la contaminación del entorno y la presión sobre los recursos naturales.

**Tabla 10.** Algunas de las principales medidas ambientales recomendadas en la producción de quesos a nivel regional

Ámbito	Medidas recomendadas
Consumos de recursos hídricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejorar el control en el consumo de agua identificando los procesos, operaciones y acciones que más demandan el suministro e implementar cambios en el manejo de los recursos hídricos.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar tecnologías que ayuden a reducir el consumo (ej. llaves o grifos con cierre automático y/o sectorizado, pistola de dispersión para lavado de pisos, válvulas solenoides para regular el flujo, vigilar tuberías para identificar posibles fugas y sellarlas, etc.).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reparar partes o piezas de las tuberías (o equipos) que se encuentren en mal estado, desgastadas u obsoletas y que puedan favorecer pérdidas de agua (bombas, válvulas, fittings, etc.).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fomentar la limpieza en seco o emplear sistemas de agua a presión o sistemas con recirculación en circuito cerrado de ser posible.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sustituir detergentes tradicionales de 2 fases por los de una sola fase (es decir, que eliminen con un solo producto sales, proteínas, grasas, y lactosa), recuperando aquellos en los que sea factible su reutilización para otros procesos, e incluir también el uso de espumas que pueden disminuir el consumo de agua.</li> </ul>

Ámbito	Medidas recomendadas
<b>Consumos de energía</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar tecnologías para la reducción del consumo energético y/o generación de energías renovables no convencionales:</li> <li>• Sistemas de control automático para apagado de luces y equipos, de ser posible.</li> <li>• Aislamiento térmico para evitar fugas de calor en tuberías.</li> <li>• Control automático de temperatura en sala o cava de almacenamiento.</li> <li>• Mejorar la utilización y control de factores claves en los sistemas para la pasteurización de la leche.</li> <li>• Equipos para la recuperación de energía en el tratamiento térmico de la leche (recuperadores de calor).</li> <li>• Procesos de cogeneración (para plantas queseras más grandes), es decir, generar simultáneamente energía eléctrica y calor a partir de un único proceso energético primario.</li> <li>• Empleo de tecnologías como la biodigestión anaeróbica para generación de biogás.</li> <li>• Implementar manejos para la reducción del consumo energético.</li> <li>• Realizar mantenimientos periódicos de equipos y maquinarias para el adecuado funcionamiento y optimización en el uso de la energía.</li> <li>• Favorecer el uso de iluminación y ventilación natural siempre y cuando no influya negativamente en la calidad del producto final.</li> </ul>
<b>Generación de residuos líquidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir las pérdidas de leche durante las distintas etapas.</li> <li>• Realizar un aprovechamiento integral del lactosuero, ya que de esta manera se reducen los vertidos y se aporta valor al negocio quesero. El lactosuero puede aprovecharse para otros fines (ej. insumo para la generación de biogás, alimentación animal, etc.).</li> <li>• Controlar estrictamente parámetros claves para el salado de quesos a través de salmueras (pH, temperatura y tiempo de salado según tipo de queso), recuperando parte de las mismas.</li> <li>• Eliminar en seco la sal de los quesos luego del salado superficial.</li> <li>• Una vez tratados los residuos líquidos, y dependiendo de sus características y normativa legal vigente, reutilizarlos en riego de jardines o limpieza de exteriores.</li> </ul>

Ámbito	Medidas recomendadas
<b>Generación de residuos sólidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar el control en la recepción y utilización de materias primas (inventario y sistema de registro de insumos productivos).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar los envases, valorizándolos si es técnica y sanitariamente posible o gestionándolos adecuadamente.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Segregar los desechos de acuerdo a su naturaleza (orgánica, inorgánica, peligrosa, etc.) y tipo (ej. envases, vidrio, papel, cartón, y plásticos).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar una zona de almacenamiento adecuada de productos que puedan ser peligrosos y que representen un riesgo a la salud de las personas, animales o el ecosistema.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No verter aceites lubricantes usados, ni residuos peligrosos (ej. sustancias químicas) al sistema de alcantarillado, para el primer caso procurar su recuperación, entregándolos a una empresa especializada para su tratamiento o refinación de acuerdo a lo indicado por las autoridades.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retirar en seco los residuos sólidos peligrosos ya que se facilita su transporte y gestión final.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recuperar los residuos sólidos descartados como restos de queso, cuajada, etc. y destinarlos a alimentación animal.</li> </ul>
<b>General</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar las BPA y BPO a nivel predial.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar al personal de la sala/planta de producción de quesos para que colaboren en la reducción del consumo de agua y energía y en el buen manejo de los residuos generados.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incluir criterios de ecodiseño respecto al uso de materiales y energía en nuevas operaciones y/o procesos que se deseen implementar en la sala o planta quesera a futuro. Fuente: adaptado de Alves et al. (2019); Rodríguez (2016); Mancilla (2014); Velázquez et al. (2014); Gonzáles (2012), y CONAMA (2001)</li> </ul>

## Principales normativas nacionales relacionadas a la producción de queso y acuerdos de producción limpia

Independientemente de la escala, los productores de queso deben cumplir con la normativa nacional que guarda relación con la elaboración del producto y la gestión ambiental requerida; esto con el fin de no incurrir en faltas que puedan ocasionar sanciones o multas, buscando siempre mejorar el desempeño ambiental de las queserías y la protección/buen uso de los recursos naturales del territorio como parte de la responsabilidad de la empresa. La Tabla 11 presenta un resumen de las principales normativas que pueden tener relación con la elaboración de queso en Chile.

Por otra parte, con el fin de dar cumplimiento a las normas ambientales que propenden al aumento de la productividad y la competitividad de empresas se han realizado Acuerdos de Producción Limpia (APL), que son convenios de carácter voluntario celebrados entre una asociación empresarial representativa de un sector productivo y organismos públicos competentes en distintas materias (ej. ambientales, sanitarias, de higiene y seguridad laboral, eficiencia energética e hídrica y de fomento productivo).

**Tabla 11.** Resumen de las principales normativas relacionadas con la producción de queso y link de consulta/descarga

Ámbito	Nombre	Link para consulta/descarga del documento
Alimentos	<b>Ley 21179/2019.</b> Establece normas sobre elaboración, denominación y etiquetado de productos lácteos o derivados de la leche.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1138206">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1138206</a>
	<b>Ley 20606/2015.</b> Sobre composición nutricional de los alimentos y su publicidad.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1041570&amp;idParte=9271897&amp;idVersion=">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1041570&amp;idParte=9271897&amp;idVersion=</a>
	<b>Decreto con Fuerza de Ley 725.</b> Código sanitario.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=5595&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=5595&amp;idParte=0</a>
	<b>Decreto 13/2015.</b> Modifica decreto supremo N° 977/1996, Reglamento Sanitario de los Alimentos.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1078836">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1078836</a>
	<b>Resolución 33 exenta/2010.</b> Fija tolerancias máximas de residuos de plaguicidas en alimentos y deja sin efecto la Resolución Exenta N° 581, de 1999, y sus modificaciones.	<a href="http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1010986&amp;buscar=resolucion+exenta+N%C2%B0+33+de+2010">http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1010986&amp;buscar=resolucion+exenta+N%C2%B0+33+de+2010</a>

Ámbito	Nombre	Link para consulta/descarga del documento
Alimentos	<b>Resolución N° 244/2007</b> aprueba Norma General Técnica N° 97. Directrices para la elaboración de quesos artesanales.	<a href="http://juridico1.minsal.cl/RESOLUCION_244_07.doc">http://juridico1.minsal.cl/RESOLUCION_244_07.doc</a>
	<b>Resolución Exenta N° 1462/1999</b> , Ministerio de Salud: Fija límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios en alimentos destinados al consumo humano.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=144683&amp;idParte=">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=144683&amp;idParte=</a>
	<b>NCh 2065/ 1999</b> . Quesos con leche Pasteurizada - Clasificación y Requisitos Generales.	<a href="https://www.buenastareas.com/ensayos/Norma-Chilena-De-Quesos-Con-Leche/27153161.html">https://www.buenastareas.com/ensayos/Norma-Chilena-De-Quesos-Con-Leche/27153161.html</a>
	<b>NCh 2090/1999</b> . Productos lácteos - Queso chanco - Requisitos.	<a href="https://ecommerce.inn.cl/nch2090199941222">https://ecommerce.inn.cl/nch2090199941222</a>
Medio Ambiente	<b>Ley N° 19.300/1994</b> . Aprueba Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667</a>
	<b>Decreto Ley N° 3557/1980</b> . Establece disposiciones sobre protección agrícola.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=7178">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=7178</a>
	<b>Decreto Supremo N° 95/2001</b> . Modifica reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=205385">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=205385</a>
	<b>Decreto Supremo N° 40/2012</b> . Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental	<a href="https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/migration_files/dto-40_12-ago-2013.pdf">https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/migration_files/dto-40_12-ago-2013.pdf</a>
	<b>Decreto Supremo N° 1/2013</b> . Aprueba Reglamento del registro de emisiones y transferencias de contaminantes RETC	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1050536&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1050536&amp;idParte=0</a>
Agua	<b>Decreto con Fuerza de Ley N° 1122/1981</b> . Fija texto del código de aguas.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=5605&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=5605&amp;idParte=0</a>
	<b>Decreto Supremo N° 1/1992</b> . Reglamento para el control de la contaminación acuática.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=7232&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=7232&amp;idParte=0</a>

Ámbito	Nombre	Link para consulta/descarga del documento
Agua	<b>Decreto Supremo Nº 46/2002.</b> Establece norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=206883&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=206883&amp;idParte=0</a>
	<b>Decreto Supremo Nº 90/2000.</b> Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=182637&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=182637&amp;idParte=0</a>
	<b>Decreto Supremo Nº 609/2000.</b> Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=121486&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=121486&amp;idParte=0</a>
	<b>Decreto Supremo Nº 867/1978.</b> Declara Norma Chilena Oficial NCh.1.333, Requisitos de Calidad de Agua para Diferentes Usos.	<a href="https://ciperchile.cl/pdfs/11-2013/norovirus/NCh1333-1978_Mod-1987.pdf">https://ciperchile.cl/pdfs/11-2013/norovirus/NCh1333-1978_Mod-1987.pdf</a>
	<b>NCh 409/1.</b> Agua Potable - Parte 1 - Requisitos.	<a href="https://ciperchile.cl/pdfs/11-2013/norovirus/NCh409.pdf">https://ciperchile.cl/pdfs/11-2013/norovirus/NCh409.pdf</a>
Residuos	<b>Ley 21100/2018.</b> Prohíbe la entrega de bolsas plásticas de comercio en todo el territorio nacional.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1121380&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1121380&amp;idParte=0</a>
	<b>Ley 20920/2016.</b> Establece marco para la gestión de residuos la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090894&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090894&amp;idParte=0</a>
	<b>Ley 20879/2015.</b> Sanciona el transporte de desechos hacia vertederos clandestinos.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1084262&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1084262&amp;idParte=0</a>
	<b>Decreto Supremo Nº 43/2016.</b> Aprueba el reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1088802&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1088802&amp;idParte=0</a>
	<b>Decreto Supremo Nº 148/2004.</b> Aprueba reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=226458&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=226458&amp;idParte=0</a>

Ámbito	Nombre	Link para consulta/descarga del documento
Residuos	<b>NCh 2880/2015.</b> Compost - Requisitos de calidad y clasificación.	<a href="http://www.inn.cl/compost-requisitos-de-calidad-y-clasificacion">http://www.inn.cl/compost-requisitos-de-calidad-y-clasificacion</a>
Energía	<b>Ley 20257/2008.</b> Introduce modificaciones a la ley general de servicios eléctricos respecto de la generación de energía eléctrica con fuentes de energías renovables no convencionales.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=270212&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=270212&amp;idParte=0</a>
	<b>Decreto Supremo N° 119/2016.</b> Aprueba reglamento de seguridad de las plantas de biogás e introduce modificaciones al reglamento de instaladores de gas.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1099847">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1099847</a>
	<b>Decreto Supremo N° 244/2006.</b> Aprueba reglamento para medios de generación no convencionales y pequeños medios de generación establecidos en la ley general de servicios eléctricos.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=246461&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=246461&amp;idParte=0</a>
Aire	<b>Decreto Supremo N° 17/2014.</b> Declara zona saturada por material particulado respirable MP10 como concentración diaria y anual y por material particulado fino respirable MP2.5 como concentración diaria a la comuna de Valdivia.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1063127&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1063127&amp;idParte=0</a>
	<b>Decreto Supremo N° 25/2017.</b> Establece plan de descontaminación atmosférica para la comuna de Valdivia.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1104521&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1104521&amp;idParte=0</a>
	<b>Decreto Supremo N° 32/1990.</b> Reglamento de funcionamiento de fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos que indica en situaciones de emergencia de contaminación atmosférica.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=7871&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=7871&amp;idParte=0</a>

Ámbito	Nombre	Link para consulta/descarga del documento
Aire	Decreto Supremo N° 20/2013. Establece norma de calidad primaria para material particulado respirable MP10 en especial de los valores que definen situaciones de emergencia y deroga decreto N° 59 de 1998 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1057140&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1057140&amp;idParte=0</a>
	Decreto Supremo N° 12/2011. Establece norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable MP 2.5.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1025202&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1025202&amp;idParte=0</a>
	Decreto Supremo N° 10/2013. Aprueba reglamento de calderas autoclaves y equipos que utilizan vapor de agua.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1055319&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1055319&amp;idParte=0</a>
Condiciones de trabajo y ruido	<b>Decreto Supremo N° 594/2000.</b> Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/consulta/listado_n_sel?comp=&amp;agr=1020&amp;_grupo_aporte=&amp;sub=504">https://www.bcn.cl/leychile/consulta/listado_n_sel?comp=&amp;agr=1020&amp;_grupo_aporte=&amp;sub=504</a>
	<b>Decreto Supremo N° 38/2012.</b> Establece norma de emisión de ruidos generados por fuentes que indica elaborada a partir de la revisión del Decreto N° 146 de 1997 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.	<a href="https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1040928&amp;idParte=0">https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1040928&amp;idParte=0</a>

Fuente: elaboración propia.



Estos acuerdos buscan mejorar las condiciones productivas y ambientales a través de metas y acciones específicas en un plazo determinado, trabajando en temas como higiene y seguridad laboral, eficiencia energética e hídrica, reducción de emisiones, valorización de residuos, buenas prácticas, fomento productivo y otras temáticas abordadas por el acuerdo (ASCC, 2020). Existen cuatro Normas Chilenas Oficiales que establecen las directrices para el desarrollo, implementación y certificación del cumplimiento de APL (disponibles en [https://www.ascc.cl/pagina/norma\\_chilena\\_apl](https://www.ascc.cl/pagina/norma_chilena_apl)) que son:

- NCh 2797/2003 "Acuerdos de Producción Limpia (APL) - Especificaciones"
- NCh 2807/2003 "Acuerdos de Producción Limpia (APL) - Diagnóstico, Seguimiento y Control, Evaluación final y Certificación de cumplimiento".
- NCh 2825/2009, "Requisitos para los auditores de evaluación final".
- NCh 2796/2003, "Vocabulario" aplicado a este Sistema de Certificación.

Algunos ejemplos relacionados con la industria láctea incluyen el APL de los productores de leche bovina de la Región de Los Ríos, los cuales firmaron en el año 2008 un acuerdo para incorporar medidas y técnicas de producción limpia a nivel predial, llegando a certificarse 16 lecherías de la región con el Sello Estrella Azul en el año 2012. También la empresa NESTLÉ Chile firmó recientemente un APL en el año 2020 para promover la sustentabilidad ambiental en la industria láctea.

Por otra parte, el sector de productores de queso de Chile (Asociación de Productores de Queso A.G) firmó en el año 2004 un APL que buscaba la optimización en la producción a través de la implementación de medidas destinadas a aumentar la eficiencia, previniendo y minimizando los efectos ambientales generados. Mientras que en el año 2017 y con el objetivo de adaptarse a la Ley 20.606/2015 de Alimentos (etiquetado y publicidad) 6 MIPYME queseras de la región de Los Ríos formaron un Acuerdo de Producción Limpia de Alimentos Saludables (APLAS), que busca implementar una reducción programada de sodio en la producción de queso.

Finalmente, las pequeñas queserías de la región de Los Ríos presentan desafíos importantes para dar el siguiente paso comercial y ser más competitivas, partiendo por el cumplimiento de la normativa nacional relacionada, formalización del negocio e iniciación de actividades y obtención de la regulación sanitaria. Además, para satisfacer de mejor manera a los actuales consumidores, se necesita avanzar en temas como calidad, estandarización, inocuidad del producto, trazabilidad, diversificación de la oferta e incorporación del valor agregado.

Aunado a lo anterior se presentan desafíos relacionados con la sustentabilidad ambiental, ya que se requiere disminuir los potenciales impactos que el proceso de elaboración del producto puede llegar a ocasionar a nivel de suelo, agua, aire y/o biodiversidad. Para ello es recomendable intervenir en las etapas del proceso de producción, determinando las ineficiencias que generan mayores consumos y pérdidas de insumos y recursos, controlando las entradas y salidas de materiales, y mejorando la eficiencia de utilización, lo cual trae ventajas económicas al productor al disminuir los costos y mejorar el margen de utilidad y ventajas ambientales al disminuir la huella ecológica del producto.

## Conclusión

Mejorar progresivamente el desempeño ambiental en los predios agrícolas, salas de proceso y plantas de producción para lograr la sustentabilidad en la producción de quesos es fundamental para la consolidación y desarrollo de la industria láctea en la región de Los Ríos, independientemente de la escala productiva. El mercado regional nacional e internacional cuenta actualmente con consumidores más informados que demandan productos de calidad, con inocuidad, y que hayan sido producidos con el mínimo impacto ambiental posible al suelo, agua, aire, y biodiversidad, por lo que el llamado para los productores es a ser responsables en el diseño y ejecución de sus procesos de producción de leche y demás subproductos lácteos, seleccionando y optimizando para ello los mejores insumos disponibles y haciendo un uso racional de los recursos naturales, reduciendo tanto los consumos de recursos hídricos y energía, como la generación de residuos líquidos o sólidos que puedan llegar a provocar un impacto negativo a la salud de las personas o al ecosistema.

Para ello existen medidas preventivas, de manejo y tecnologías limpias que pueden ayudar a mejorar la eficiencia en el uso de los recursos naturales y a reducir la carga contaminante de los residuos emitidos, de esta manera se contribuye a lograr una economía circular y a obtener productos lácteos con menor huella hídrica y de carbono. Lo anterior es relevante para la persistencia y crecimiento del negocio quesero a nivel regional, el cual debe abordar el manejo ambiental en la producción de quesos desde un enfoque preventivo, ya que el tratamiento físico, químico y/o biológico de mayores volúmenes de residuos generados en la quesería puede representar costos asociados que disminuyen la rentabilidad, impactando directamente la economía del productor y en la calidad de los recursos naturales.

## Bibliografía

- Alves, E., Soares, B., Almeida, J., Rodrigues, L. 2019. Strategies for reducing the environmental impacts of organic mozzarella cheese production. *Journal of Cleaner Production*, 223: 226-237.
- Arango, O. y L. Sanches de Sousa. 2009. Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea en sistemas anaerobios tipo UASB. *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 7(2): 24-31.
- Araujo, A., Monsalve, L., y A. Castro. 2013. Aprovechamiento del lactosuero como fuente de energía nutricional para minimizar el problema de contaminación ambiental. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 4(2):55.
- Ávila, M., Sotomayor, E., Erlwein, A., Cerda, F. 2016. Biogás de recursos agropecuarios en la Región de Los Ríos: aspectos generales, experiencias y potencial de producción. Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y Gobierno Regional de Los Ríos (GORE Los Ríos), 100 pp.
- Bajsa, O., Nair, J., Mathew, K., Ho, G. 2003. Vermiculture as a tool for domestic wastewater management. *Water science and technology*, 48(11-12):125-132.
- Barrientos-Asto, D. 2017. Evaluación de las buenas prácticas de ordeño en pequeños productores de leche proveedores a la planta lechera "La Victoria" Huayao - Chupaca. Universidad Nacional de Centro del Perú (UNCP). Tesis para optar al grado de Ingeniero Zootecnista. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4390/Barrientos%20A.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Consultado el 6-08-2020).
- Carmona, C. 2010. Estudio del comportamiento de una mezcla de aserrín y grasa láctea de desecho. Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Ingeniería en Alimentos, Universidad Austral de Chile, tesis para optar al grado de Licenciado en Ciencia de Los Alimentos, 55 pp.
- Carvalho, F., Prazeres, A., Rivas, J. 2013. Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. *Science of The Total Environment*, 445-446: 385-396.
- Casas, F. 2009. Caracterización de los sistemas de tratamiento de riles en la industria láctea y propuestas de mejora. Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Ingeniería en Alimentos, Universidad Austral de Chile, tesis para optar al título de Ingeniero en Alimentos, 157 pp.
- CAR/PL. 2002. Prevención de la contaminación en la Industria láctea. Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL). Barcelona, 164 pp.

- Céspedes, C. 2019. Elaboración y uso del lombricompost o vermicompost. Ficha técnica 41. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Quilimapu. Disponible en: [http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/146989/ficha\\_tecnica\\_41\\_INIA.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/146989/ficha_tecnica_41_INIA.pdf?sequence=3&isAllowed=y) (Consultado el 30-11-2020).
- CONAMA. 2001. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial, fabricación de productos lácteos. Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) y Asociación Chilena de Seguridad (ACHS). Santiago, 57 pp.
- Costa, M. 2010. Proyecto manejo eficiente de riles en la industria láctea. Plataforma Gestión Ambiental y Comunidad. Fundación para Innovación Agraria (FIA). Disponible en: <https://consorciolechero.cl/chile/documentos/informes-finales/manejo-eficiente-de-riles-en-la-industria-lechera.pdf> (Consultado el 02-12-2020).
- Delgado, E., Castañeda, J. 2016. Evaluación del sistema de depuración biológica a partir de lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) en aguas residuales procedentes de industrias lácteas a nivel laboratorio. Fundación Universidad de América, Facultad de Ingenierías, Tesis del Programa de Ingeniería Química, Bogotá, 61 pp.
- Del Prado A., Misselbrook T., Chadwick D., Hopkins A., Dewhurst R.J., Davison P., Butler A., Schröder J., Scholefield D. 2011. A modelling framework to identify sustainable dairy farms in the UK. *Science of The Total Environment*, 409(19): 3993-4009.
- FAO. 2011. Serie “Buenas prácticas en el manejo de la leche”. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-bo952s.pdf> (Consultado el 16-08-2020)
- Finnegan, W., Yan, M., Holden, N., Goggins, J. 2018. A review of environmental life cycle assessment studies examining cheese production. *Int J Life Cycle Assess* (2018) 23:1773-1787.
- García, V. y M. Martí. 2017. Operaciones básicas en la industria química. Editorial Síntesis, S. A., Madrid. 324 pp.
- Gonzáles, P. 2015. Manual de Buenas prácticas de ordeno. Programa PRA Buenaventura CSE Arequipa, Compañía de Minas Buenaventura. Disponible en: <https://media-ashoka.oiengine.com/attachments/a3ad7d5d-b975-453c-bc80-c042c42fba97.pdf> (Consultado el 30-11-2020).
- Gonzáles, M. 2012. Aspectos medio ambientales asociados a los procesos de la industria láctea. *Mundo Pecuario*, VIII, 1:16-32.

- INN. 2003. Compost - clasificación y requisitos. NCh2880/2003. Instituto Nacional de Normalización, Chile. Disponible en: <http://www.ingeachile.cl/descargas/normativa/agricola/NCH2880.pdf> (Consultado el 4-08-2020).
- Jones, G. M. 2006. Milking Practices Recommended to Assure Milk Quality and Prevent Mastitis. The Dairy Site, Virginia Polytechnic Institute and State University. Disponible es: <http://www.thedairysite.com/articles/714/milking-practices-recommended-to-assure-milk-quality-and-prevent-mastitis/> (Consultado el 30-11-2020).
- Kim, D., Thoma, G., Nutter, D., Milani, F., Ulrich, R., Norris, G. 2013. Life cycle assessment of cheese and whey production in the USA. *Int J Life Cycle Assess* 18: 1019-1035.
- Knowlton K., Wilkerson V., Casper D. y D. Mertens. 2010. Manure nutrient excretion by Jersey and Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 93(1): 407-412.
- Li, X., Xing, M., Yang, J., Zhao, L., Dai, X. 2013. Organic matter humification in vermifiltration process for domestic sewage sludge treatment by excitation-emission matrix fluorescence and Fourier transform infrared spectroscopy. *Journal of Hazardous Materials*, 261: 491-499.
- Mancilla, M. 2014. Evaluación de los Riesgos Asociados a Queserías Artesanales de la Región de Los Ríos Mediante la Aplicación de un Instrumento de Buenas Prácticas de Manufactura. Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Ingeniería en Alimentos, UACH. Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/fam269e/doc/1.pdf> (Consultado el 02-12-2020).
- Martí, J., Pino, M., Viquez, J. 2017. Guía para el diseño, construcción, operación, mantenimiento, seguimiento y control de plantas de biogás de pequeña y mediana escala enfocadas al sector lechero en Chile. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, ONUDI. Chile, 192 pp.
- Martínez-Lagos, J., Lobos, P. y P. Jil. 2016. Aspectos claves para hacer compost a partir de los desechos orgánicos en un predio agrícola. Informativo INIA n°164. 4 pp.
- Martínez-Lagos, J., Salazar, F., Jiménez, A., Rodríguez, M. 2018a. Generación de biogás a partir de fecas de un plantel lechero bovino del sur de Chile. En A. Guedes. X Congreso de la red de Biodigestores para América Latina y el Caribe (RedBioLac), 19-21 de septiembre del 2018, Foz de Iguazu, Brasil.
- Martínez-Lagos, J., A. Jiménez, P. Díaz. 2018b. Utilización de Digestato, Purines de Lechería y Urea como Fertilizante en Pradera y Avena Forrajera. En S. Sarandon. VII Congreso Latinoamericano de Agroecología, Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), 2 al 5 de octubre del 2018, Guayaquil, Ecuador.

- Merlin, G., Cottin, N. 2009. Performance of a compost biofilter containing earthworms to treat cheese whey, *Environmental Technology*, 30:10, 995-1002.
- Medina, M. 1987. Principios básicos para la fabricación de quesos. Departamento de Bioquímica y Microbiología. INIA. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. N°13. Madrid. 24 pp.
- Navarro, R., Aguilera, M., Bórquez, F. 2009. Resultados y Lecciones en Producción de Quesos Diferenciados en Curacautín. Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Serie experiencias de innovación para el emprendimiento agrario, 42 pp.
- Palmieri, N., Bonaventura, M., Salimei, E. 2017. Environmental impacts of a dairy cheese chain including whey feeding. *Journal of Cleaner Production*, 140: 881-889.
- Parra, R. 2009. Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 62(1): 4967-4982.
- Parra, R. 2010. Digestión Anaerobia de Lactosuero: Efecto de Altas Cargas Puntuales. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 63(1): 5385-5394.
- Prazeres, A., Carvalho, F., Rivas, J. 2012. Cheese whey management: A review. *Journal of Environmental Management*, 110: 48-68.
- Quille, L. 2019. Effective microorganisms and the earthworm-filter for the removal of dairy residues of the cheese plant "the bodeguilla - valley of moquegua". *Revista de Investigaciones de la Escuela de Postgrado*, 8(3): 1151-1163.
- Rodríguez, L. 2016. Propuesta de un plan de manejo ambiental para la agro empresa "la quesera" del cantón Colta provincia de Chimborazo. Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería. Tesis para obtener el título de Ing. Ambiental. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1361/1/UNACH-EC-IAMB-2016-0002.pdf> (Consultado el 02-12-2020).
- Rusydi, A. 2018. Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review. *Conference Series Earth and Environmental Science*, 118(1):012019. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/323352912\\_Correlation\\_between\\_conductivity\\_and\\_total\\_dissolved\\_solid\\_in\\_various\\_type\\_of\\_water\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/323352912_Correlation_between_conductivity_and_total_dissolved_solid_in_various_type_of_water_A_review) (Consultado el 19-08-2020).
- Salazar, F., Dumont, J., Santana, M., Pain, B., Chadwick, D., Owen, E. 2003. Prospección del manejo y utilización de efluentes de lecherías en el sur de Chile. *Arch. Med. Vet.* 35(2):215-225.

- Salazar, F. 2012. Manual de manejo y utilización de purines de lechería. Consorcio Lechero/ Fundación para la Innovación Agraria (FIA), Osorno, Chile. <http://www.consorcirolechero.cl/chile/documentos/publicaciones/manual-manejo-de-purines-v2.pdf> (Consultado el 4-08-2020).
- Salazar-Miranda, P. 2005. Sistema Tohá; Una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales en sectores rurales. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Construcción Civil, Tesis para optar al título de constructor civil. 117 pp.
- Tomar, P., Suthar, S. 2011. Urban wastewater treatment using vermi-biofiltration system. *Desalination* 282:95-103.
- Valencia, E. y M. Ramírez. 2009. La industria de la leche y la contaminación del agua. *Elementos: Ciencia y cultura*, 16 (73): 27-31.
- Velázquez, M., Rodríguez, N., Mata, M. 2014. Evaluación de impacto ambiental de la producción de queso blanco pasteurizado en la parroquia Mantecal, Apure, Venezuela. *Agroecosistemas*, 2(2):314-326.
- Valdovinos, R. 2015. Diagnóstico y Caracterización Energética del Sector Lechería en la Región de Los Ríos. Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y Subsecretaría de Energía, 146 p.
- Vermehren, M. y Erlwein, A. 2016. Potencial estimado de biogás en XIV Región a base de residuos urbanos y agroindustriales. *Agro Sur* 44(1): 35-46.
- Zhao, L., Wang, Y., Yang, J., Xing, M., Li, X., Yi, D., Deng, D. 2010. Earthworm-microorganism interactions: A strategy to stabilize domestic wastewater sludge. *Water Research*, 44 (8): 2572-2582.
- Zotta, T., Soleri, L., Lacumin, L., Picozzi, C., Gullo, M. 2020. Valorization of cheese whey using microbial fermentations. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104:2749-2764.