

Plataforma Gestión Ambiental y Comunidad

PROYECTO MANEJO EFICIENTE DE RILES EN LA INDUSTRIA LÁCTEA

Código: M7P4

Fuente de Financiamiento: Fundación para Innovación Agraria (FIA)

Región o Regiones de Ejecución: Región de Los Ríos

Agente Ejecutor: Universidad Austral de Chile

Coordinador del Proyecto: Marcia Costa Lobo

Costos (en pesos): \$11.184.940

I. RESUMEN EJECUTIVO

La industria lechera nacional ha actuado históricamente, como norma general, sin considerar los efectos de sus desechos contaminantes en el medio ambiente. Pocas son las industrias que han abordado la solución de sus problemas ambientales y en la mayoría de los casos lo han hecho a consecuencias de presiones de la autoridad sanitaria, la que ha actuado a su vez por presiones de tipo social.

Ante la necesidad de conocer la real condición de los residuos industriales líquidos en la industria láctea nacional, y con la finalidad de aportar soluciones es que se llevó a cabo el presente proyecto con el objetivo general de analizar en profundidad la situación actual de las tecnologías disponibles referidas al manejo de los residuos industriales líquidos (RILES) derivados de los procesos de la industria láctea, y aportar soluciones que permitan el manejo eficiente de éstos en la industria láctea asociada al Consorcio Tecnológico de la Leche.

Fue posible efectuar un acucioso levantamiento de información mediante la aplicación de un instrumento diseñado en el proyecto, de forma tal de conocer los procesos realizados en las plantas, constatando el grado de cumplimiento de la normativa y permitiendo además entregar sugerencias de mejora de fácil adopción.

Un resultado relevante se refiere a la apertura al tema de Riles por parte de la industria, y al establecimiento de un diálogo permanente con y entre los encargados de las plantas de Riles de las empresas.

Fue posible realizar investigaciones de nuevas biotecnologías (enzimas y mezclas de bacterias) para aplicar con Riles lácteos para rebajar la DBO₅ y se realizó un estudio del positivo efecto del aserrín en la degradación de la grasa láctea de desecho.

En síntesis, este proyecto apunta directamente al objetivo estratégico de "Asegurar la sustentabilidad ambiental de la producción láctea del país" y por lo tanto aporta sustancialmente a cumplir la meta de "Impulsar programas de gestión ambiental que garanticen la competitividad y sustentabilidad comercial de la cadena láctea nacional".

II. **INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES GENERALES**

Los Residuos Industriales Líquidos (RIL-Riles) son aguas de desecho generadas en establecimientos industriales como resultado de un proceso, actividad o servicio (Metcalf y Eddy, 1995).

El mayor problema ambiental lo generan los residuos líquidos o aguas residuales, derivados del procesamiento de alimentos. Los desechos líquidos producidos durante las operaciones en una planta procesadora son muy variados debido a los distintos niveles de operaciones, turnos, descargas imprevistas y las operaciones de lavado, tan importantes y necesarias para cumplir con los requerimientos de higiene, y que finalmente constituyen una importante fuente de aguas residuales.

2.1 De la generación de residuos industriales líquidos lácteos (Riles).

Los procesos de producción llevados a cabo en la industria láctea nacional, generan un considerable volumen de (Riles) que requieren de tratamientos específicos con la finalidad de disminuir la presencia de contaminantes con una elevada DBO₅ (materia grasa no emulsificable, proteína soluble, lactosa, etc.) y evitar que puedan causar un efecto negativo al medio ambiente.

Los Riles lácteos contienen azúcares y proteínas disueltas, grasa y, en algunos casos, residuos de aditivos. Los parámetros claves son: la DBO₅, con un promedio que va desde 0,8 a 2,5 kg m⁻³ de leche procesada en los efluentes sin tratar, y la DQO que es normalmente alrededor de 1,5 veces la DBO; sólidos totales en suspensión que van desde 100-1000 mg L⁻¹; sólidos disueltos: fósforo (10-100 mg L⁻¹) y nitrógeno (aprox. 6% de la DBO). El suero de queso, restos de leche, crema, mantequilla, etc., son las principales fuentes de DBO₅ en los Riles lácteos (Arango y Sanchez, 2009).

La carga de residuos equivalentes específicos de la leche son las siguientes:

1 kg de lactosa = 1,13 kg de DQO

1 kg de grasa = 3 kg de DQO

1 kg de proteínas = 1,36 kg de DQO

Los Riles lácteos son generalmente neutros o poco alcalinos, pero tienen tendencia a volverse ácidos muy rápidamente a causa de la fermentación de la lactosa produciendo ácido láctico, sobre todo en ausencia de oxígeno y la formación simultánea de ácido butírico, descendiendo el pH a 5,0-4,5. Adicionalmente, y como consecuencia de los procesos de limpieza, presenta variaciones significativas en pH y temperatura durante el día.

Tabla 1. Principales características de las aguas residuales de la industria de productos lácteos

TIPO DE EFLUENTES	FLUJO (m³/TON PROD.)	DBO₅ (kg/TON PROD.)	SÓLIDOS SUSPENDIDOS (kg/TON PROD.)
Lechería	0,1 - 9	0,1 - 17	0,1 - 3
Mantequilla	0,8 - 6	0,2 - 2	0,4 - 2
Helados	0,5 - 7	0,7 -21	0,2 - 2
Leche condens.	0,8 - 7	0,2 - 13	0,2 - 2
Queso	0,2 - 5	0,3 - 4	0,1 - 0,3
Suero seco	0,5 -7	0,1 - 57	0,2 - 0,6
Yogurt	0,5 - 8	0,1- 8	0,2 -11
Otros componentes de importancia ambiental			
Nitrógeno (mg/L)			1 - 180
Fósforo como PO ₄ (mg/L)			9 - 210
Cloruros (mg/L)			46 -1900
Temperatura (°C)			8 - 46
pH			4 - 12

FUENTE: ZAROR (2000)

En síntesis los principales procesos contaminantes son los procesos de producción de quesos, cremas y mantequilla, el proceso de lavado de torres de secado y las soluciones de limpieza alcalina (CIP1 soda).

2.2 Tecnologías de tratamiento de Riles Lácteos.

Una planta de tratamiento para efluentes lácteos requiere ser diseñada para remover los niveles contaminantes de parámetros tales como: DBO_5 , aceites y grasas, sólidos suspendidos, y para corregir el pH del efluente. Debido a que en la mayoría de los casos se requiere lograr niveles en el parámetro DBO_5 menores a 500 mg/L, es necesario diseñar sistemas de tratamiento que consideren además de un pretratamiento y un tratamiento biológico.

Los sistemas de tratamiento de uso frecuente para residuos líquidos se presentan en la figura 1 donde se incluyen algunas características operacionales y de diseño básicas.

Tratamiento primario. La primera etapa de un sistema de tratamiento de residuos líquidos incluye normalmente, la separación de sólidos y material no disuelto, neutralización de pH, regulación de caudal y estabilización térmica.

La variedad de sistemas y tecnologías disponibles comercialmente es muy amplia generalmente. Los sólidos más gruesos se eliminan a través de cribaje, mientras que aquellos de menor tamaño se eliminan usando mecanismos de sedimentación o flotación.

Tratamiento secundario. El tratamiento secundario o biológico del RIL consiste en la eliminación de los contaminantes biodegradables del agua mediante microorganismos, para los cuales estos contaminantes constituyen el alimento. El espacio donde se realiza este tratamiento se denomina reactor biológico, en el que se deben mantener las condiciones ambientales adecuadas para permitir el desarrollo óptimo de dichos microorganismos. Los procesos biológicos que se utilizan en el tratamiento de aguas residuales pueden ser aeróbicos o anaeróbicos. Los primeros constituyen el mecanismo clásico de tratamiento para residuos líquidos con alta carga orgánica logrando reducciones de hasta el 95% de la DBO_5 y SST. En los procesos anaeróbicos, la materia orgánica se descompone por la acción de los microorganismos en la ausencia del oxígeno, y se producen metano y anhídrido carbónico. Se

utiliza principalmente para la estabilización de lodos de aguas negras y en el tratamiento de aguas residuales, provenientes de industrias con una base biológica, donde los residuos tienen un contenido de materia orgánica comparable a la de los lodos espesados.

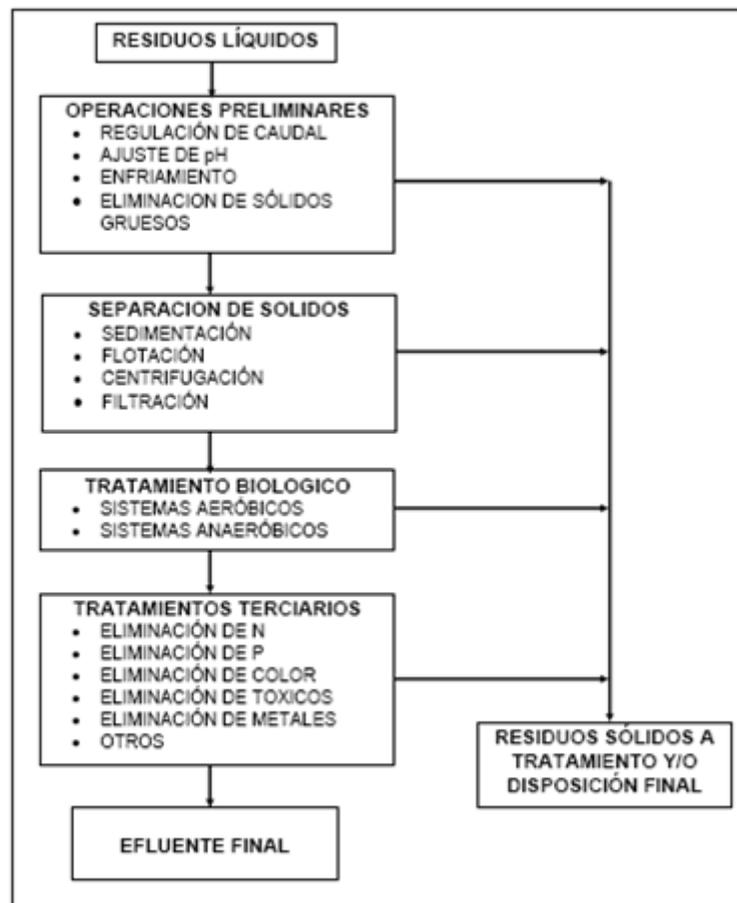


Figura 1. Sistemas de tratamiento de efluentes.

FUENTE: ZAROR (2000)

Una especial mención cabe para el Lombrifiltro uno de los tratamientos secundarios adoptado por la industria láctea nacional, que consiste básicamente en un sistema conformado por distintos estratos filtrantes, inertes y orgánicos, encontrándose en el estrato superior una alta densidad de lombrices y microorganismos, cuya misión es efectuar la degradación de la materia orgánica presente en los Riles. El principio de este sistema se basa en que las lombrices consumen la materia orgánica de los afluentes residuales transformándola, por oxidación, en anhídrido

carbónico y agua. Una parte, aproximadamente un tercio, pasa a constituir masa corporal y la otra da origen a humus que puede ser utilizado para mejorar los terrenos; es decir, no se generan lodos. En el proceso se genera una rica flora bacteriana que también contribuye a la degradación de la materia orgánica presente.

Tratamiento Terciario. Se aplica para la eliminación de contaminantes que no fueron eliminados en los tratamientos primario y secundario. En esta categoría se incluyen sistemas para eliminar otros contaminantes, tales como: metales, nitrógeno, fósforo, compuestos coloreados, y compuestos no biodegradables.

Tal como se ha señalado en los párrafos anteriores, se han descrito tres tipos de tratamientos: primario, secundario y terciario. Los primarios y secundarios son generalmente utilizados en Chile para los Riles de la industria láctea. Sin embargo, en bibliografía revisada no se encontró información actualizada que describa en detalle el tipo de tratamiento que se está utilizando en la industria láctea nacional y el grado de cumplimiento de los parámetros establecidos por la norma para el tratamiento de Riles. ***De allí la importancia de realizar un estudio analítico y descriptivo que detalle las tecnologías usadas y los parámetros registrados en las principales plantas procesadoras de la industria láctea nacional.***

Por otra parte, resulta relevante conocer sobre la legislación relacionada, su estado y evolución, para establecer de manera correcta su pertinencia y nivel de cumplimiento de la industria.

III. OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar en profundidad la situación actual de las tecnologías disponibles referidas al manejo de los residuos industriales líquidos (RILES) derivados de

los procesos de la industria láctea, y aportar soluciones que permitan el manejo eficiente de éstos en la industria láctea asociada.

Objetivos específicos

1. Describir y analizar en profundidad la situación tanto, de los distintos tipos o sistemas de tratamiento de riles, como de la disposición de lodos que utilizan actualmente las industrias lácteas asociadas.
2. Realizar un análisis comparativo “reservado” entre los sistemas usados por las industrias y las tecnologías disponibles.
3. Recopilar información de la legislación vigente relacionada.
4. Analizar las diversas alternativas tecnológicas, tradicionales y nuevas, y la factibilidad de aplicación en la industria láctea asociada que lo requiera o proponer planes de mejoramiento que contemplen programas de manejo.

IV. METODOLOGÍA

- I. Recopilación y toma de conocimiento de la Normativa Nacional (Tabla 2) e internacional relativa a disposición de Riles y lodos industriales. Análisis de la normativa vigente. Definición de artículos claves y coincidentes, relativos a la industria lechera. Estudio comparativo de la normativa nacional e internacional relacionada. Se realizó una acuciosa revisión sobre la Normativa Ambiental, lo que contempló: Constitución de la República de Chile, Ley N°3133, Ley N°3385, Decreto N°4740, D.F.L N°725, Decreto N°354, D.F.L N°1122, Decreto N°60, Decreto N°680, Decreto N°1, Ley 19300, Decreto N°30, Decreto N°93, D.S.N°609/98, D.S.N°90/2000, D.S.N°46/2002, Ley N°20173 y Ley N°20417. De esta revisión se profundizó en los D.S N°90 y D.S N°609, que son las normas específicas aplicables para el estudio de los datos de las plantas lácteas.

- II. Análisis del estado del arte en referencia a tecnologías para el tratamiento de Riles lácteos. Se efectuó una completa revisión bibliográfica con la finalidad de tomar conocimiento de los sistemas tradicionales y de las nuevas tecnologías aplicables al tratamiento de Riles en la industria láctea.

Tabla 2. Extracto de la legislación ambiental en Chile desde 1916 a 1992

Ley o Norma	Fecha de promulgación	Reseña
Ley N°3133	04.09.1916	Neutralización de residuos industriales.
Ley N°3385	1918	Primer Código Sanitario
Decreto N°4740	23.08.1947	Reglamento de normas sanitarias mínimas.
Decreto con Fuerza de Ley N°725	1967	Modifica al antiguo Código Sanitario
Decreto N°354	1970	Norma chilena, Requisitos Agua Potable
Constitución de la República	1980	Modificación del artículo 19
Decreto con Fuerza de Ley N°1122	1981	Fija el Código de Aguas
Decreto N°60	05.06.1982	Aprueba el Reglamento Sanitario de los Alimentos
Decreto N°680	10.12.1984	Creación de la Comisión Nacional de Ecología
<i>Decreto N°1</i>	1992	Prevención de la contaminación de las aguas nacionales

- III. Diseño, elaboración y validación del instrumento para levantamiento de información. Se diseñó una ficha técnica que permite recopilar información sobre los distintos sistemas utilizados para el tratamiento y disposición de los Riles de las principales y más representativas plantas industriales (Casas, 2009, Altaner, 2010 y Corvalán¹, 2011). La ficha similar a la de Puntajes Totales de Deficiencias (PTD), del Servicio Nacional de Salud, posee directrices señaladas en las Normas chilenas ISO-14.010 e ISO-14.011, que sirve de guía para las auditorías ambientales, además de los parámetros definidos como contaminantes que figuran en el Decreto Supremo N° 46/2002 (ref. a contaminación de las aguas subterráneas) y el Decreto Supremo N° 90/00 (ref. prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales). La ficha consta de ocho puntos, donde se registra información de la empresa, características generales de la planta, volúmenes de producción tecnología y materias primas utilizadas para el de tratamiento de los riles, análisis ejecutados por la planta o realizados por laboratorio externos, datos del caudal, estadísticas de producción y finalmente información referida al consumo de aguas.
- IV. Visita a plantas Lácteas y levantamiento de información de la situación de los Riles y sus tratamientos en cada una. Se visitaron 13 plantas, e a modo de referencia pues no pertenecen al Consorcio. Las más grandes (6) fueron analizadas en detalle.
- V. Análisis comparativo de las tecnologías aplicadas y las disponibles. Una vez obtenida la información de las plantas se realizó un análisis exhaustivo de la situación de cada una y del grado de cumplimiento de las normativas vigentes, siendo posible indicar algunas sugerencias de mejoras de fácil adopción. Todo lo anterior en calidad de “información reservada”.
- VI. Recopilación y definición de los parámetros que caracterizan los residuos industriales líquidos de empresas lácteas de Chile durante un

¹ Corvalán, C. 2011. Estudio del comportamiento de parámetros característicos en residuos industriales líquidos de empresas lácteas en Chile y revisión de la legislación vigente relacionada. Memoria de Título Ing. en Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. 146p. (EN PRENSA)

periodo de diez meses, referidos los sistemas de tratamientos que utilizados.

- VII. Análisis del comportamiento de los valores registrados de los parámetros en la industria láctea nacional visitada, verificando el cumplimiento con la norma chilena y comparada con algunos descritos en la legislación de otros países.
- VIII. Análisis reflexivo sobre los sistemas aplicados por las industrias. Seminario taller. Una vez conocidas las situación de un número importante de plantas, se realizó un seminario taller con la participación de encargados de plantas de riles con la finalidad de compartir experiencias y buscar soluciones a problemas comunes.
- IX. Desarrollo de nuevas investigaciones aplicadas. Se realizaron dos investigaciones aplicadas, una relacionada con el manejo de la grasa con aserrín previo a su incorporación al lombrifiltro y la otra con la utilización de enzimas y/o bacterias en su efecto en disminuir la DQO de riles lácteos.

V. RESULTADOS

5.1 Se logró un conocimiento de la normativa referida a Riles de la industria láctea y un conocimiento de la situación de los Riles en la industria láctea y de las tecnologías usadas, no obstante que durante el 1er año del proyecto costó mucho que las empresas se abrieran al tema de los Riles. Es así como se logró como resultado conocer de un número importante de las plantas de las empresas asociadas al Consorcio, la tecnología usada para tratar sus Riles, pudiéndose destacar que no se presenta un sistema único, sino muy por el contrario, todos son diferentes incluso dentro de una misma empresa. El tratamiento físico (primario) se observó en todas las plantas, por otra parte el químico sólo en cuatro y los tratamientos biológicos se observaron en cuatro plantas, habiendo tres de ellos que utilizan el sistema de lombrifiltro para la disminución de su carga orgánica.

Los tratamientos terciarios (desinfección) son utilizados por cuatro plantas, las cuales ocupan el cloro (hipoclorito de sodio) como agente desinfectante. No se encontraron aplicaciones de tecnologías nuevas, como electrocoagulación, electroflotación y electrofloculación, sino sólo algunas innovaciones o ajustes menores. Hay algunas plantas que muestran una especial atención y seriedad al tema, mostrándose abiertos a aceptar sugerencias e innovar. Las plantas visitadas y de las cuales se pidió la información de sus vertidos, presentan características similares en cuanto a sus sistemas de tratamiento de Riles, pero cabe señalar que ninguno es idéntico a otro (tabla 3).

Tabla 3. Características generales de los Sistemas de Tratamiento de Riles en Plantas lácteas nacionales.

Clave Planta	Principales productos elaborados	Sistema de tratamiento	Químicos utilizados	Equipo de flotación
A-1	Quesos, suero y leche en polvo	Primario: físico Secundario: lombrifiltro Terciario: desinfección	NaOH, H ₂ SO ₄ : para ajuste de pH; NaClO: para desinfección.	DAF
A-2	Leche en polvo y mantequilla	Primario: físicoquímico Terciario: desinfección	NaOH, H ₂ SO ₄ : para ajuste de pH; FeCl ₃ : como coagulante; Polímero: como floculante; NaClO: para desinfección.	DAF
B-1	Leche y suero en polvo, crema mantequilla, quesos y manjar	Primario: físico químico Secundario: lombrifiltro Terciario: desinfección	NaOH, H ₂ SO ₄ : para ajuste de pH ; Al ₂ (SO ₄) ₃ : como coagulante; Polímero: como floculante; NaClO: para desinfección.	CAF
A-3	Quesos	Primario: físico Secundario: lombrifiltro Terciario: desinfección	NaOH, H ₃ PO ₄ : para ajuste de pH ; NaClO: para desinfección.	DAF
C-1	Leche fluida, en polvo, yogur y quesos	Primario: físico	NaOH, H ₃ PO ₄ : para ajuste de pH.	CAF
B-2	Leche fluida, cultivada, yogur, crema	Primario: físico químico	NaOH y ácido: para ajuste de pH; FeCl ₃ : como coagulante; Polímeros: como floculante.	DAF
A-4	Leche fluida y cultivada, quesillos, yogur, crema , manjar	Primario: físico químico Secundario: biológico	NaOH, H ₂ SO ₄ : para ajuste de pH ; FeCl ₃ : como coagulante; Polímero: como floculante.	CAF

CAF (Cavitation Air Flotation) o DAF (Dissolved Air Flotation)

FUENTE: elaboración propia (Proyecto M7P4)

5.2 Se logró tomar conocimiento de toda la legislación relacionada con el tema ambiental y se le interpretó en su relación con la industria láctea, se determinó que son los D.S N°90 y el D.S N°609 normas que tienen mayor relación con las plantas lácteas. Se realizó un estudio acabado en 6 plantas, usando datos obtenidos por la SISS, se pudo determinar que todas las plantas a excepción de una cumplen con la normativa ambiental vigente en Chile para los parámetros de aceites y grasas, pH, temperatura, DBO₅, nitrógeno y sólidos suspendidos totales. No obstante lo antes señalado y si bien las empresas cumplen con las exigencias de la normativa, varias realizan algunas prácticas que, desde el punto de vista de producción limpia, resultan incorrectas, como lo son la mezcla de aguas limpias de proceso para alcanzar valores de aceptación. Esta práctica definitivamente debería ser eliminada por cuanto se contrapone con todas las recomendaciones y políticas de sustentabilidad necesarias.

5.3 Se inició una línea de investigación aplicada con miras a tomar conocimiento de nuevas biotecnologías y su efecto en Riles lácteos. El resultado de un estudio del efecto del aserrín en la descomposición de la grasa láctea previo a su incorporación en un lombrifiltro de riles lácteos, sorprende ya que la degradación de la grasa que revela la cromatografía de gases (figura 2), es casi total, tratamiento que puede solucionar el gran y recurrente problema de la grasa.

El efecto de enzimas y de mezclas de microorganismos comerciales en el tratamiento de diferentes Riles lácteos, de los 12 productos probados 3 entregaron resultados interesantes², como se puede observar en la figura 3.

² Ceballos, D. 2011. Efectividad de la aplicación de tres productos biológicos comerciales en la disminución de la DQO de riles lácteos. Memoria de Título Ing. en Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile.70p. (EN PRENSA)

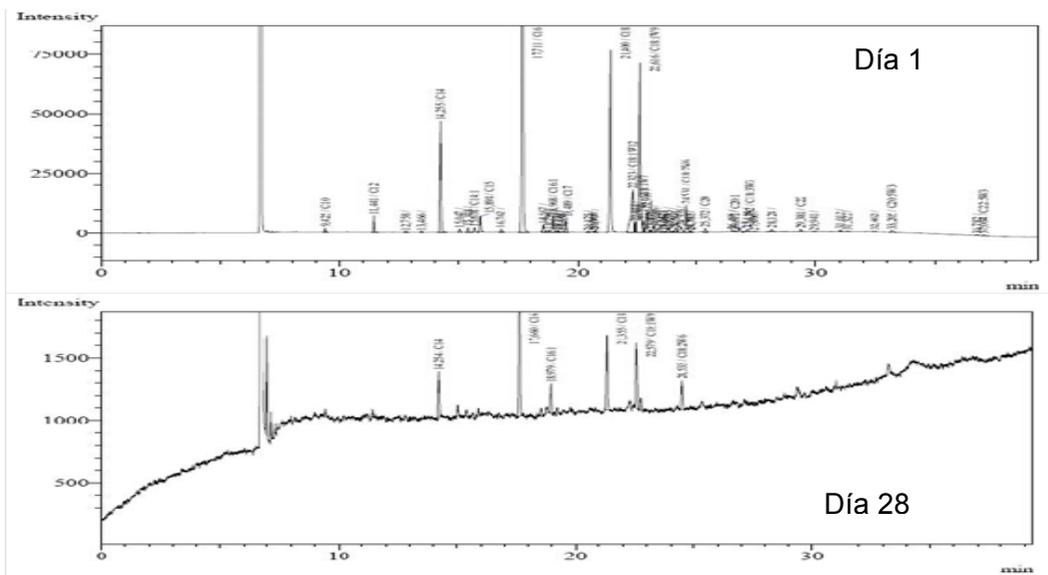


Figura 2: Efecto del aserrín en la degradación de la grasa láctea.

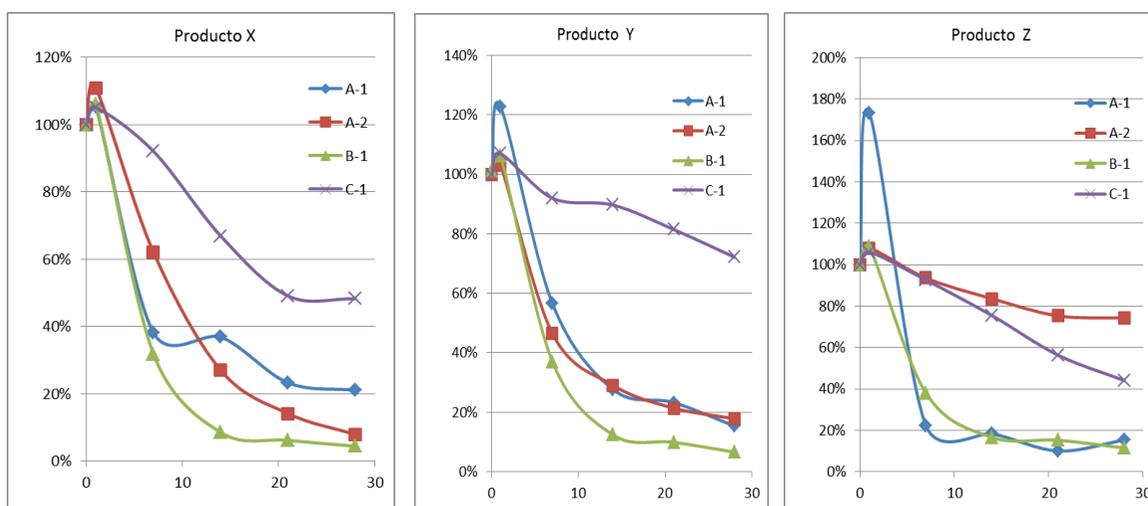


Figura 3: Efecto de cada producto (X = enzimas; Y, Z = bacterias).

VI IMPACTOS DEL PROYECTO

Este proyecto se orienta hacia la promoción de la sustentabilidad ambiental de los procesos productivos de la industria láctea.

El resultado más relevante del proyecto, dice relación con la apertura al tema de Riles por parte de la industria, cabe señalar que éste ha sido por siempre un tema muy sensible, por cuanto durante mucho tiempo se le asumió equívocamente como “control punitivo”, esta visión ha cambiado y en gran medida gracias a la intervención de este proyecto.

Asimismo, la industria, en general, comprende y cada vez acepta más abiertamente que la generación de Riles está directamente relacionada con la eficiencia de los procesos, es decir, a mayor DBO₅ en el efluente líquido (Ril), mayor la concentración de materia orgánica proveniente de leche y/o sus componentes (lactosa, proteínas solubles, etc.) lo que es indicativo de procesos ineficientes, pues éstos deberían ser parte de los productos y no de los desechos.

Este proyecto ha logrado ingresar a un número muy representativo de las plantas lácteas nacionales, pudiendo así efectuar una completa y detallada descripción de los sistemas de tratamiento de Riles aplicados, además de constatar el grado de cumplimiento de la normativa correspondiente.

Se ha logrado establecer un permanente diálogo con los encargados de las plantas de Riles de las industrias asociadas al Consorcio. Este contacto permanente se ha visto manifiesto en un fluido y abierto intercambio de experiencias, sin que ello provoque la pérdida de confidencialidad propia de algunas empresas.

Se han realizado investigaciones cuyos resultados permiten aumentar el conocimiento y acortar brecha tecnológica, como el efecto positivo del aserrín en la degradación de la grasas láctea de desecho, así como la efectividad del uso de enzimas y mezclas de bacterias en rebajar la DBO₅ de diferentes Riles lácteos.

Este proyecto ha permitido desarrollar 5 Memorias de Título de Ingenieros en Alimentos: Francisco Casas, Ricardo Altaner, Carolina Carmona, Carlos Corvalán y Dayam Ceballos.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el proceso de degradación de la grasa mezclada con aserrín, se determinó la dinámica de la flora microbiana presente durante el proceso, esto da pie para seleccionar los microorganismos más eficientes y con ellos elaborar inóculos. Esto puede constituir proyectos/investigaciones de continuidad y futuros emprendimientos.

Las mejores mezclas de bacteria y enzimas deben ser probadas a mayor escala, en lo posible en las mismas plantas lácteas, para lo cual se debiera contar con un proyecto de continuidad.

VIII. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Altaner, R. 2010. Descripción y análisis comparativo de los sistemas de tratamientos de RIL en la Industria de Alimentos de Valdivia. Memoria de título Ing. en Alimentos. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 191p.

Arango, L.; y Sánchez, P. 2009. Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea en sistemas anaerobios tipo USAB. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca. Colombia.

Carmona, C. 2010. Estudio del Comportamiento de una Mezcla de Aserrín y Grasa Láctea de Desecho previo a su incorporación a un Lombrifiltro. Memoria de título Ing. en Alimentos. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 55p

Casas, F. 2009. Caracterización de los Sistemas de Tratamiento en la Industria Lechera y Propuestas de Mejora. Memoria de título Ing. en Alimentos. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 157p.

Chile, Comisión Nacional del Medio Ambiente. 1998. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial. Fabricación de productos lácteos. Chile. 59p.

Chile, Comisión Nacional del Medio Ambiente. 2008. Leyes ambientales. (Online). <www.conama.cl/portal/1301/article-26214.html>. (12 jul. 2010).

Metcalf y Eddy, 1995. Ingeniería de aguas residuales. Tercera edición. Editorial, McGraw-Hill. Madrid. España. 1485 p METCALF y EDDY,

1995. Ingeniería de aguas residuales. Tercera edición. Editorial McGraw-Hill. Madrid. España. 1485 p

Zaror, C. 1993. Conceptos fundamentales de tratamiento de residuos industriales. Departamento Ingeniería química. Universidad de Concepción. Chile.147p.