

**MINUTA**

**Tecnologías para Efluentes de la  
Industria Láctea**

**Región de Los Lagos**

**Julio 2024**

## Desarrollo

La leche es un alimento indispensable en la dieta humana diaria ya que es rico en nutrientes y una fuente de proteínas de elevado valor biológico. Se ha demostrado científicamente que la leche contiene componentes con propiedades beneficiosas para el sistema inmunitario, cardiovascular y digestivo y, además, es la principal fuente dietética de calcio, no sólo por su elevado contenido de este mineral, sino también por su alto aprovechamiento de éste y otros nutrientes.

Hoy en día la población mundial se encuentra en torno a los 8 mil millones de personas y 6 mil son consumidores de leche, pudiendo llegar a ser el segundo commodity más importante a nivel mundial (Anexo 1: Consumo per cápita leche a nivel mundial). Este producto se genera en alrededor de 133 millones de lecherías, donde se estima que trabajan en forma directa 600 millones de personas, y de forma indirecta 400 millones.

La generación de aguas residuales es un aspecto importante que se debe considerar dentro de la actividad en torno a este sector, tanto por el volumen de agua que se maneja, como por la carga contaminante de los efluentes.

En general, entre el 80-95% del agua total consumida forma parte del efluente final, salvo excepciones (fabricación de leche en polvo). Los principales orígenes de estos efluentes son:

- Limpieza de equipos, instalaciones, CIP de limpieza de líneas, etc.
- Rechazos de los sistemas de ultrafiltración o sistemas de osmosis en el procesado de algún derivado.
- Limpieza de camiones de transporte de materia prima.

Estas aguas suelen tener la particularidad de alto contenido graso y nitrógeno elevado (de ahí la necesidad de procesos de nitrificación/desnitrificación), y alto contenido en fósforo. Además de los ya conocidos problemas de alta DQO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) (Anexo 2: Composición de las aguas residuales de la industria láctea).

Dependiendo del tipo de instalación, el sistema de limpieza y utilización, la cantidad total de agua consumida en el proceso puede llegar a superar varias veces el volumen de leche tratada.

Este consumo suele encontrarse entre 1,3-3,2 l de agua/kg de leche recibida, pudiéndose alcanzar valores tan elevados como 10 l de agua/kg de leche recibida.

Sin embargo, es posible optimizar este consumo hasta valores de 0,8-1,0 l de agua/kg leche recibida utilizando equipamientos avanzados y una operación adecuada.

El mayor consumo de agua se produce en las operaciones auxiliares, particularmente en la limpieza y desinfección, donde se emplea entre el 25-40% del total.

Hoy en día existen soluciones para esta problemática, existiendo diferentes tipos de tratamiento para aguas residuales y que se pueden aplicar a los distintos sectores de la industria láctea (Anexo 3: Tipos de tratamiento para aguas residuales).

En el sector agropecuario, particularmente en las lecherías, se generan residuos que se utilizan como abono orgánico para las mismas praderas. La aplicación de abonos orgánicos sobre las praderas es una práctica tan antigua como el inicio de la agricultura. Éstos corresponden a fertilizantes de origen orgánico, compuestos por residuos derivados de la producción animal (purines, sangre, harina de huesos) y/o vegetal, además de aquellos de origen humano (lodos provenientes de aguas servidas), que pueden ser aplicados al suelo con el fin de proporcionar uno o más nutrientes a los cultivos vegetales. Entre éstos, actualmente el purín es un importante fertilizante orgánico imprescindible para muchas explotaciones agrícolas a lo largo de todo el mundo. Éste se define como la mezcla de heces y orina de ganado, diluida con agua de lluvia o de limpieza, que puede contener restos de material de cama normalmente utilizados en la crianza de animales, junto con residuos de alimento (Pain y Menzi 2003). El purín enriquece los suelos mejorando su estructura, capacidad amortiguadora y actividad biológica, debido a que presenta un alto contenido de materia orgánica (MO) y nutrientes esenciales para el desarrollo de praderas y cultivos. Entre éstos, se destacan elementos como nitrógeno, fósforo y potasio, constituyendo el purín tras un adecuado sistema de manejo un aporte importante a la hora de fertilizar, disminuyendo el requerimiento de uso de abonos artificiales y reduciendo los costos asociados a la compra de éstos. Si bien los purines en el sur de Chile se caracterizan por poseer un alto contenido de materia orgánica (68%), muestran niveles bajos en cuanto a materia seca, los cuales pueden alcanzar sólo un 4%. En cuanto a su caracterización, también se demuestra que el purín posee un pH ligeramente básico, lo que puede ser beneficioso para los suelos volcánicos del sur de nuestro país, los cuales tienden a presentar un pH más ácido (Salazar y col 2007).

Es sabido que la industria es una de las fuentes responsables de producir elementos contaminantes que llegan al medio ambiente. Dentro de ella, la industria lechera participa y por ello se deben desarrollar productos y soluciones que sean amigables con el medio ambiente y que contribuyan a llegar al carbono neutralidad.

Empresas como Gea Westfalia ofrecen una serie de productos y soluciones para el rubro lechero, como robots de ordeña que son 19% más eficiente que el modelo anterior, gracias a la mayor eficiencia en cuanto al consumo de agua, electricidad y diferentes suministros. Luego se destacan por la producción de soluciones ambientales para la industria procesadora como en el secado de leche que consume 49% de energía con respecto a la que consumía anteriormente. Su objetivo es acompañar a clientes mediante asesorías para que sean más verdes o eficientes y que ocupen menos agua y energía.

En cuanto a los purines de lechería existen soluciones para su tratamiento, como lo es la separación de la fracción sólida, bombeo, sistema de barredores libre de agua, bombas de proceso e impulso y carro para aplicar el purín tratado al suelo.

#### ¿Cómo manejar el estiércol producido por las vacas?

Existen soluciones generales y más específicas que se describen a continuación. En general el purín es barrido en patios de espera de lecherías y patios de alimentación por barredores automáticos, que empujan la mezcla de fecas, orina y restos de alimentos y los conducen a un sistema de canales que lo llevan al pozo purinero. Previa llegada al pozo purinero, el purín debe pasar por una suerte de cribas o coladores que filtran de forma primaria el purín, librándolo de basuras y otros elementos no deseados para la fertilización. Una vez llegado al sistema de pozos purineros, se produce la flotación, donde los primeros sólidos se separan y se ponen dentro de una estructura llamada "Decanter". Tras pasar el purín por este lugar, se puede obtener un sólido más concentrado. También tras el proceso de sedimentación, donde se obtienen sólidos que quedan en el fondo del pozo, también se puede introducir estos restos en el Decanter. Este sistema permite concentrar aún más la fracción sólida del estiércol, llegando a contener niveles de 45% de nitrógeno y 70% de fósforo. Esto permite manejar de forma estratégica los purines, utilizando por ejemplo los residuos más líquidos para sectores más cercanos de la lechería y los más concentrados para sectores más alejados, disminuyendo los costos de transporte de los purines.

Entra el purín crudo y se conduce a un tornillo prensa, en el cual se obtiene una primera deshidratación, y luego el escurrido, que se almacena en un estanque y es bombeado a la centrifuga, sufre una nueva separación, donde se obtiene un clarificado mucho mejor en nutrientes, en cantidad de nitrógenos y potasio. Y luego viene una última deshidratación donde se genera un gran porcentaje de fósforo.

Por otro lado, existen granjas que se encuentran muy próximas a poblados y ciudades, por lo que es importante intervenir este tipo de estiércol para no provocar problemas circundantes, aprovechando la cualidad de fertilizante orgánico que tienen los purines. Existe una nueva tecnología llamada enriquecedor de estiércol, que permite procesar el estiércol generado por las vacas y fabricar un fertilizante propio. Este fertilizante llamado NEO es rico en nitrógeno, y permite reducir la cantidad de fertilizante químico que se compra. El estiércol se separa antes de que el líquido ingrese al enriquecedor de estiércol. La tecnología de plasma, aire y electricidad se utilizan para procesar el estiércol en un fertilizante orgánico rico en nitrógeno. El procesamiento de estiércol en Neo duplica el contenido de nitrógeno, elimina las emisiones de metano y detiene la pérdida de amoníaco. El resultado es una reducción de hasta 30% en la huella de carbono, dependiendo de la condición de la granja. Debido al poco olor que emite el Neo, esparcirlo en los potreros cercanos a casas ya no es un problema. El enriquecedor de estiércol no sólo tiene un impacto positivo en el aire, sino que también permite estar preparados para el futuro.

Funcionamiento del enriquecedor de estiércol:

Paso 1. Desde el pozo purinero, se extrae el material, el cual pasa por un separador de sólidos y el agua verde restante es almacenada en un estanque buffer.

Paso 2. Esta agua verde es procesada por el sistema E2950, sistema de plasma que crea nitrógeno desde la aplicación de aire y electricidad, fijándolo en el agua verde, que ahora enriquecido en nitrógeno pasa a llamarse NEO.

Paso 3: El Neo resultante es almacenado sin emisión de amoníaco, ni óxido nitroso, también responsable del efecto invernadero y además con olores muy reducidos.

Este producto aplicado al pasto, lo enriquece, favoreciendo su desarrollo, creciendo más rápido y creando pasto mas fuerte y verde, versus pasto que se aplicó purín no tratado, donde el crecimiento es más lento, porque se debe realizar proceso de nitrificación y oxidación por amoníaco, antes de poder aprovecharse los nutrientes. A través de este sistema se produce un 30% menos de gases de efecto invernadero desde la agricultura. Se

ha demostrado un promedio de 40% más de rendimiento en siembras comparados con aquellos no fertilizados con Neo. Reducción de hasta un 50% de la polución en agua, aire y suelo, mediante la detención de nitrógenos en forma de amoníaco y oxido nítrico, desde la lechería.

### ¿Qué soluciones existen en la industria procesadora de alimentos lácteos?

Se estima que para producir 1 kg de producto lácteo se utilizan entre 2 a 4 litros de agua y eso genera 20 litros de aguas residuales. Ante esto se debe reducir, reciclar y reutilizar (3R).

¿Cómo lo logramos?

- Mediante válvulas Mix-proof que reducen el consumo de agua en el proceso de lavado de equipos en general, de hasta un 90%.
- Microfiltración en los procesos de salmuera en la industria quesera, donde se pasa por una membrana que separa estos sólidos. Elimina más del 99% de los microorganismos, eliminación total de impurezas físicas y enzimas; eliminación de pérdidas de frío y energía generadas por la pasteurización de la salmuera y reducción de las pérdidas de agua y sal.
- Osmosis inversa: sistema de filtración por membrana que usa el 70 al 90% del agua permeados/condensados, reduce el consumo general de la planta y reduce el volumen de efluentes.
- Sistema de tratamiento para soluciones de limpieza mediante filtración por membranas. Recuperar soluciones de lavado y darles una segunda vida.

Tipos de aguas residuales en la industria láctea:

- Aguas residuales como subproducto de la producción: ejemplo, condensado procedente de la evaporación o del secado por pulverización
- Aguas residuales del proceso de limpieza: lavado, limpieza y desinfección de las unidades de producción
- Aguas residuales del proceso de producción: aguas residuales en contacto con el producto y sin contacto con el producto.

También se pueden utilizar para estas aguas los decantadores medioambientales, en donde los sólidos salen por un lado y líquidos salen por otro, mediante un sistema de giro. Por ejemplo, se pueden ingresar 1000 litros de efluentes con un 2% de sólidos, obteniendo

finalmente un lodo concentrado, que van a ser 100 litros de lodo, con un 22% de sólidos resultantes, reducción de 10 veces del volumen que tenemos que tratar finalmente.

## Referencias

Entrevista: René Urrea Country Manager Empresa Auspiciadora GEA, Chilelácteo 2024

Caracterización de los Sistemas de Tratamiento de Riles en la Industria Lechera y Propuestas de Mejora. 2009. Disponible en

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/fac335c/doc/fac335c.pdf>

<https://portalechero.com/tratamiento-de-efluentes-en-la-industria-lactea/>

<https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-de-aguas-residuales-de-la-industria-lactea/>

Pain B, H Menzi. 2003. Glossary of terms on livestock manure management. In: Pain B, Menzi H (eds). Ramiran. Swiss College of Agriculture, Zollikofen Switzerland, Pp 1-5.

Salazar F, JC Dumont, D Chadwick, R Saldaña, M Santana. 2007. Caracterización de purines de lecherías en el Sur de Chile. Agricultura Técnica Chile 67, 155-162.

Anexo 1. Consumo per cápita de leche y otros derivados en algunos países del mundo.

Países-Bloques seleccionados 2018	Leche	Manteca	Queso
Francia	45,3	8,4	26,5
Alemania	51,4	5,8	24,1
Lituania	40,9	4,1	20,8
Unión Europea	59,4	3,9	18,9
Australia	101,8	3,2	14,0
Estados Unidos	65,3	2,6	17,3
Nueva Zelanda	105,4	5,9	10,1
Bielorusia	69,7	3,0	13,5
Irlanda	114,7	2,4	6,8
Argentina	35,6	0,6	12,9
Uruguay	62,4	1,6	9,5
Chile	25,5	1,7	10,6
Rusia	33,7	2,1	5,6
México	33,1	0,7	4,3
Brasil	39,3	0,4	3,7
Japón	30,9	0,6	2,5
Sudáfrica	28,3	0,5	1,9
China	21,4	0,1	0,1

Anexo 2: Composición de las aguas residuales de la industria láctea:

PARÁMETRO	LECHE	QUESOS	DERIVADOS LACTEOS	HELADOS
pH	8,5	6,9	8,5	8
DQO (mg/l)	1775	4500	4000	925
SS (mg/l)	435	850	825	425
Fósforo (mg/l)	20	35	6,25	5,5
NTK (mg/l)	65	100	100	75
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1650	3150	1250	1200
Cloruros (mg/l)	140	220	100	135
Nitratos (mg/l)	50	105	90	75
Aceites y grasas (mg/l)	105	365	110	25
Detergentes (mg/l)	3.5	7	7,5	6

### Anexo 3: Tipos de tratamiento para aguas residuales:

#### ***Tratamiento primario***

- Cribado o desbrozo
- Sedimentación
- Flotación
- Separación de aceites
- Homogeneización
- Neutralización

#### ***Tratamiento secundario***

- Lodos activos
- Aireación prolongada (procesos de oxidación total)
- Estabilización por contacto
- Otras modificaciones del sistema convencional de lodos activos: aireación por fases, mezcla completa, aireación descendente, alta carga, aireación con oxígeno puro.
- Lagunaje con aireación
- Estabilización por lagunaje
- Filtros biológicos (percoladores)
- Discos biológicos
- Tratamientos anaerobios: procesos de contacto, filtros (sumergidos)

#### ***Tratamiento terciario o "avanzado"***

- Microtamizado
- Filtración (lecho de arena, antracita, diatomeas...)
- Adsorción (carbón activado)
- Intercambio iónico
- Ósmosis inversa
- Electrodiálisis
- Cloración y ozonización
- Proceso de reducción de nutrientes

FUENTE: RAMALHO (1996).