

BUENAS PRÁCTICAS GANADERAS PARA REDUCIR LA CARGA DE PATÓGENOS EN PURINES



EDITORES:

Francisco Salazar Sperberg
Ingeniero Agrónomo, Ph.D., Investigador INIA Remehue

Marta Alfaro Valenzuela
Ingeniero Agrónomo, Ph.D., Investigadora INIA Remehue

BOLETIN N° 313, ISSN 0717-4829:

Este documento fue publicado por el Centro Regional de Investigación Remehue del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), con financiamiento del Fondo de Innovación para la Competitividad, proyecto “Buenas Prácticas Ganaderas para reducir la carga de patógenos en purines” código 30128356-0.

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y los autores.

DIGITALIZACIÓN, APOYO GRÁFICO, DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:

Ricardo del Río González
Imprenta América Osorno

CANTIDAD DE EJEMPLARES:

300

Osorno, Chile 2015

INDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Pág.
Introducción	5
Capítulo 1.	
Manejo de purines y sus patógenos en predios lecheros	7
1.1 Introducción	7
1.2 Purines y patógenos	9
Capítulo 2.	
Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) para reducir la carga de patógenos en purines de predios lecheros	12
2.1 Introducción	12
2.2 BPG en la etapa previa a la producción de purines	13
2.3 BPG en el acopio/durante la producción de purines	19
2.4 BPG posterior a la producción de purines	21
Capítulo 3.	
Tratamientos para reducir la carga de patógenos en purines	27
3.1 Tratamientos biológicos o mecánicos	28
3.2 Tratamientos químicos	32
3.3 Tratamientos físicos	38
3.4 Costo efectividad de diferentes tratamientos	39
Capítulo 4.	
Ejemplos de la aplicación de tratamientos químicos y físicos para el control de patógenos y sus impactos sobre la calidad del purín	43
4.1 Resultados microbiológicos	44
4.2 Características físico-químicas del purín	45
4.3 Análisis de costo efectividad	48

Capítulo 5.

<i>Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis</i> (MAP) en purines	51
5.1 <i>Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis</i> (MAP)	51

Capítulo 6.

Rol de las franjas ribereñas para el control de patógenos y contaminación difusa	57
6.1 Introducción	57
6.2 Importancia de la vegetación ribereña	57
6.3 Efectos de la vegetación ribereña en la calidad de las aguas	59
6.4 Acceso del ganado a los cursos de agua	61
6.5 Conservación de franjas ribereñas	61

INTRODUCCIÓN

El concepto de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) es integral y comprende medidas que resguardan al medio ambiente, la seguridad de las personas y la higiene e inocuidad alimentaria. En el sector ganadero este grupo de recomendaciones se denomina Buenas Prácticas Ganaderas (BPG), y en este documento serán enfocadas al uso eficiente de purines de lecherías con la finalidad de reducir su carga de patógenos.

Existen diferentes opciones para hacer un uso más eficiente de los purines, sin embargo no existe un “modelo” para ser aplicado en todos los predios. Las BPG deben ser aplicadas considerando los diferentes sistemas de producción y manejo, y las condiciones de suelo y ambiente donde serán implementadas. Es importante también que las medidas a incorporar sean económicamente sustentables, en especial en las actuales y exigentes condiciones de mercado.

En países con una vasta experiencia e investigación en manejo y utilización de purines, la respuesta a los problemas de contaminación asociados a la producción agrícola y pecuaria ha sido abordada, en parte, por la creación de una serie de acuerdos entre países, normas y manuales de BPA. Éstas pretenden servir de guía a los agricultores en cuanto a realizar un manejo técnico eficiente de los recursos naturales con la finalidad de reducir el potencial impacto ambiental negativo de los sistemas de producción. En Europa, por ejemplo, se han generado Códigos de BPA para la protección del agua, suelo y aire.

En Chile, la normativa de protección de aguas superficiales y subterráneas, sumada a iniciativas público-privadas como Acuerdos de Producción Limpia, y privados como pagos de bono al productor por aspectos ambientales, han generado un nuevo escenario para

la producción ganadera, en donde el manejo ambiental es un aspecto clave y relevante del sistema de producción.

El presente documento tiene como objetivo aportar con información que permita hacer un uso más eficiente de los purines, en especial para reducir su carga de patógenos.

El documento, que es el primero generado en esta temática a nivel nacional, aborda distintos aspectos del manejo y utilización de purines con énfasis en su relación con patógenos y agentes microbianos, entregando información internacional y nacional recientemente generada.

Agradecemos a los profesionales y agricultores que han participado directamente o indirectamente en la generación de la información entregada, a través de su participación en días de campo y/o seminarios, y al Fondo para la Innovación y la Competitividad (FIC) de la Región de Los Lagos por el financiamiento otorgado para la realización de estos estudios y la publicación de este documento. También agradecemos al personal participante en este proyecto FIC y la contribución de los autores a los distintos capítulos, que en base a su especialidad aportaron al análisis común de un tema de relevancia nacional e internacional.

CAPITULO 1

MANEJO DE PURINES Y SUS PATÓGENOS EN PREDIOS LECHEROS

*Francisco Salazar S., Ingeniero Agrónomo, Ph.D., INIA-Remehue
Miguel Salgado A., Med. Vet. M.Sc. Dr.Cs., Universidad Austral de Chile*

1.1 INTRODUCCIÓN

Los purines son los principales ‘residuos’ generados en predios lecheros y corresponden a la mezcla de heces y orina de ganado, diluida con agua lluvia o de limpieza, que puede contener restos de material de cama (Ej. aserrín, chips, u otro) normalmente utilizados en la crianza de animales, junto con residuos de alimento. Tienen un alto contenido de materia orgánica, y tienen además macro y micronutrientes los cuales pueden ser reciclados en forma cruda en suelos agrícolas a través de su aplicación directa en praderas y cultivos forrajeros como maíz y nabo, entre otros. Otra alternativa es que sean tratados previo a su aplicación, ya sea por medios físicos, químicos y/o biológicos.

A nivel predial su uso se ha intensificado en el último tiempo debido al mayor conocimiento de los agricultores de las ventajas de su uso, un costo creciente de los fertilizantes y la implementación de la normativa ambiental de protección de cursos de agua subterránea y superficial (Decretos Supremos DS46 y DS90, respectivamente). Además en el país se han implementado Acuerdos de Producción Limpia, y una empresa industrializadora de leche considera el pago de un bono ambiental para sus proveedores, en donde un aspecto clave es el manejo y aplicación eficiente de purines.

En evaluaciones realizadas en predios lecheros del sur de Chile se han estimado producciones promedio de 105 litros/vaca/día de purín (rango 34 a 260 litros/vaca/día). Esta gran variación está dada principalmente por distintos manejos a nivel predial y por la gran contribución de aguas de lavado y lluvia en la conformación de los purines. Esto se traduce en una alta producción de purines con bajo contenido de materia seca y por ende bajo contenido de nutrientes, ya que a mayor materia seca en el purín mayor cantidad de nutrientes. Es por ello que en general se recomienda bajar el consumo de

agua limpia de lavado de pisos e infraestructura e implementar el desvío de aguas lluvia, lo que permite reducir significativamente los altos volúmenes generados y almacenar en pozos impermeabilizados la totalidad de los purines producidos en predios lecheros.

En Chile los purines son aplicados al suelo, casi exclusivamente, por sistemas de aspersión superficial, siendo los más comunes pistones de alta presión y carros purineros. En los últimos años se han introducido también sistemas de baja presión con irrigadores móviles y carros con inyección o aplicación de purines en bandas en el suelo. Esto sigue la misma tendencia de lo que ocurre en otros países con reglamentaciones y restricciones ambientales más estrictas y específicas para el manejo y utilización de purines.

El purín mejora la fertilidad y parámetros físicos de suelo como su estructura y actividad biológica, debido a que aporta materia orgánica (MO) y nutrientes esenciales para el desarrollo de praderas y cultivos. Entre éstos, se destacan elementos como nitrógeno, fósforo y potasio que con un adecuado sistema de manejo, hacen del purín un aporte importante de nutrientes pudiendo reducir y/o complementar los requerimientos de fertilizantes artificiales y reducir los costos.

Un manejo eficiente de purines se logra cuando las aplicaciones son realizadas en la época de mayor crecimiento de las plantas, es decir primavera y temprano en otoño. Como recomendación general se debe ajustar las dosis de aplicación a los rendimientos de cultivos o pradera, tomando en cuenta el aporte y manejo del suelo. Además, la dosis a aplicar debe considerar el desbalance nutricional propio de los purines, dado por la mayor presencia de algunos nutrientes y su diferente disponibilidad (fracción asimilable por la planta o soluble versus contenido del nutriente total). Por ejemplo el potasio (K) se encuentra 100% disponible y aplicaciones con dosis altas y en años sucesivos en un mismo sector del predio generan altos contenidos de K en el suelo, provocando una reducción en la absorción de magnesio en la pradera, pudiendo presentarse casos de hipomagnesemia en vacas. Por otro lado, malas prácticas de manejo de purines pueden diseminar enfermedades del ganado, debido a que por el origen de este material, puede contener una alta carga de microorganismos, en especial en predios con enfermedades sin control o sin un manejo adecuado de éstas.

Es importante destacar que un manejo eficiente de purines parte desde el alimento consumido por el animal y la eficiencia de utilización de los nutrientes contenidos en ellos. La optimización de la dieta del animal, a través del mejor uso de los nutrientes y su mayor transformación en productos (e.g. leche, carne) reducirá su eliminación en fecas y orinas. Además es clave considerar durante la etapa de diseño de nuevas lecherías, o

modificación de una ya existente, todo lo relacionado al manejo de purines, incorporando sistemas de distribución, almacenamiento y aplicación. Con esto se cumplirá la normativa vigente a la vez que se tendrá un impacto económico por la reducción en la compra de fertilizantes y se reducirá el potencial de impacto hacia el ambiente.

1.2 PURINES Y PATÓGENOS

La mayoría de los problemas de contaminación por aplicaciones de purines ocurren debido a prácticas de manejo inadecuadas (Foto 1.1), como por ejemplo altas dosis de aplicación, equipos mal calibrados y aplicaciones en épocas de baja demanda por los cultivos o con suelos saturados de humedad (invierno). Si bien en términos generales el riesgo de contaminación por purines es difícil de eliminar, este puede ser drásticamente reducido por la implementación de Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) tales como una adecuada estimación de la capacidad de almacenamiento de pozos, estimación de los requerimientos de nutrientes de los cultivos, época de aplicación, área donde aplicarlos y equipos adecuados.



Foto 1.1. La aplicación de alta dosis de purín en pradera, de manera desuniforme y con deriva se considera una mala práctica agrícola.

Como ha sido determinado en distintos estudios los purines de ganado pueden contener una gran variedad de bacterias, virus y protozoos, algunos de ellos patógenos. El riesgo de contaminación con estos dependerá de varios factores, entre ellos el estado sanitario de los animales, tiempo de almacenamiento de los purines, tratamientos usados en purines, fecha y equipos de aplicación al suelo y tiempo de sobrevivencia del patógeno (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. *Sobrevivencia esperada de diferentes patógenos según el medio en el que se encuentran. Adaptado de Rosen et al. (2001), Hutchinson et al. (2004), Wittington et al. (2004) y Alfaro et al. (2008).*

Tipo	<i>Salmonella sp</i>	<i>E. coli</i>	<i>M. avium spp. paratuberculosis</i>	Virus
Purines	120 días	60-90 días	1 año	1 año
Estiércol	120 días	35 días	1 año	1 año
Suelo	+150 días	+200 días	+1 año	1 año
Agua	16-120 días	16-35 días	9-13 meses	1 año
Plantas	+35 días	180 días	+180 días	1 año

Asociados a los purines de lechería se encuentran patógenos que tienen importantes implicancias para la sanidad de los animales del predio y transmisión potencial a humanos. Entre los más importantes están los de origen bacteriano causante de cólera, fiebre tifoidea, paratifoidea, paratuberculosis, gastroenteritis, disentería, salmonelosis; los de origen viral con potencial para producir enterovirosis, hepatitis infecciosa; y los protozoos, con potencial para producir amebiasis o giardiasis (diarreas).

Estudios extranjeros han asociado las aplicaciones de purines con la transmisión de las bacterias *Salmonella* y *Echerichia coli*, mencionando además que microorganismos como *Bacillus anthracis*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Clostridia spp.* y *Leptospira spp.* pueden sobrevivir en el purín, por lo que pueden ser transportados por éstos durante su aplicación a campo. Este factor podría ser de mayor riesgo al utilizar servicios contratados para la aplicación de purines entre predios libres y no libres de enfermedades.

En cuanto a paratuberculosis, cuyo agente causal es *Mycobacterium avium spp. paratuberculosis*, ha sido mencionado por agricultores y profesionales de la zona sur que aplicaciones de purines podrían estar diseminando esta enfermedad. Estudios realizados en Holanda han detectado contaminación de ovejas 'sanas' desde praderas con aplicaciones de purines de vacas con paratuberculosis. El patógeno causante de esta enfermedad, de acuerdo a lo señalado por algunos estudios, puede sobrevivir más de 1

año en suelo, forraje o agua, lo que da cuenta del potencial de esta bacteria de poder ser transmitida por uso inadecuado de purines en predios lecheros. Es por ello que la implementación de BPG (ver próximo capítulo) en todo el proceso de producción predial de leche es fundamental para reducir al máximo la diseminación de enfermedades por esta vía.

CAPITULO 2

BUENAS PRÁCTICAS GANADERAS (BPG) PARA REDUCIR LA CARGA DE PATÓGENOS EN PURINES DE PREDIOS LECHEROS

Marta Alfaro V., Ingeniero Agrónomo, Ph.D., INIA-Remehue

Loreto Meyer Z., Médico Veterinario

Francisco Salazar S., Ingeniero Agrónomo, Ph.D., INIA-Remehue

2.1 INTRODUCCIÓN

Las Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) consisten en una serie de acciones involucradas en el aseguramiento de calidad e inocuidad de los productos alimenticios obtenidos de la producción primaria asociados al ganado. En Chile las BPG son de cumplimiento voluntario.

La intensificación de los sistemas productivos lecheros ha llevado a un incremento en el tamaño de los planteles bovinos y por ende en los volúmenes de purines generados, con ello ha aumentado el riesgo de contaminación por la carga de patógenos presente en los purines, en particular si los animales presentan algún tipo de infección.

Se define como agente patógeno en infectología a todo «ente» que puede producir enfermedad o daño a la biología de un huésped sea humano, animal o vegetal. Entre los patógenos de interés epidemiológico presentes en purines bovinos en Chile destacan principalmente las bacterias *Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis (Map)* y *Mycobacterium bovis*, responsables de las infecciosas y crónica enfermedades de Paratuberculosis y Tuberculosis, respectivamente. También es posible encontrar las bacterias *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella spp.*, *Listeria spp.*, y *Campylobacter spp.*, causantes de intoxicaciones intestinales graves y un protozoo parásito de difícil eliminación dada su larga sobrevivencia en purines y estiércoles bovinos, *Cryptosporidium parvum*.

No todos los patógenos tienen la misma sobrevivencia en el ambiente a iguales condiciones luego de ser excretados (Cuadro 1.1). Los principales factores limitantes para su supervivencia en el medio ambiente son, exposición a rayos solares ultra violeta,

deshidratación, aumento de la temperatura, pH extremos y elevada concentración de amoníaco (NH_3).

La importancia sanitaria que adquiere esta problemática es la transferencia de agentes patógenos altamente infectocontagiosos para los animales y potencialmente zoonóticos para el humano, por malas prácticas ganaderas como el contacto directo con heces y la contaminación de alimentos o agua fresca con purines. Es por esto que se requiere del cumplimiento de BPG para prevenir enfermedades.

La implementación de BPG muchas veces sólo requiere de una readecuación del manejo actual predial y la aplicación de medidas simples y de buena planificación. Es por ello que, con el propósito de “hacer las cosas bien y dejar constancia de ello”, las BPG dirigidas a la producción lechera recogen una serie de recomendaciones proporcionando pautas preventivas. Las BPG deberían considerar las etapas de antes, durante y después de la generación de purines como también alcanzar los objetivos sanitarios en la explotación, sin afectar significativamente la producción, reduciendo los impactos en el medio ambiente, cuidando la salud humana y contribuyendo con el bienestar animal.

A continuación se entregan recomendaciones de BPG para el control de patógenos en predios lecheros en la etapa previa, durante y posterior a la producción de purines.

2.2 BPG EN LA ETAPA PREVIA A LA PRODUCCIÓN DE PURINES

Un factor clave para reducir la carga de patógenos en purines es la prevención en la introducción de agentes causantes de enfermedades en el predio. Para esto, se debe considerar el tipo de sistema productivo, tipo de estabulación y la aplicación de BPG en el rebaño, involucrando aspectos de sanidad, nutrición e higiene animal, disposición de animales muertos, manejo de productos químicos agrícolas, control de insectos y roedores, y seguridad del trabajador.

2.2.1 BPG en la sanidad animal

1. Elegir razas y animales adecuados al medio ambiente local, calidad de los alimentos, disponibilidad de tierra, sistema de explotación y su resistencia a enfermedades endémicas.
2. Considerar el tipo de estabulación del sistema productivo. Por ejemplo, el estiércol de camas de paja en sistemas ganaderos menos intensivos posee un mayor porcentaje de materia orgánica, lo que favorece el desarrollo de patógenos.

3. Cumplir con los procedimientos nacionales del programa oficial de trazabilidad sanitaria animal (dependiente del Servicio Agrícola y Ganadero, SAG). Para ello es fundamental tener un sistema de registro e identificación individual de todos los animales, desde su nacimiento hasta su muerte o salida del predio.
4. Prevenir el desarrollo y transmisión de enfermedades, para esto se debe inspeccionar regularmente a los animales, detectar anomalías de comportamiento y registrar la fecha del inicio del cambio conductual.
5. Cuando los animales se encuentran en pastoreo, hay que inspeccionar a lo menos una vez al día, el comportamiento, la alimentación, el estado de los cercos, el resguardo del clima adverso cuando sea necesario y la limpieza, eliminando cualquier material dañino perjudicial para la salud del animal (restos de alambres y plásticos).
6. Se debe mantener aislados a los animales enfermos en un lugar destinado como enfermería, atenderlos rápidamente y llamar a un médico veterinario si fuese necesario para su atención. En lo posible, se debe evitar el ingreso de material fecal y orina de estos animales infectados al pozo de almacenamiento de purines.
7. Asegurar que las personas, después del contacto con los animales enfermos, tomen precauciones para evitar diseminación de agentes infecciosos. Ej. lavar superficies corporales de contacto con jabón desinfectante e higienizar botas y ropa de trabajo con productos clorados y/o amonios cuaternarios.
8. Aplicar un calendario sanitario, siguiendo las recomendaciones de la autoridad sanitaria, instructivos técnicos y prescripción médica. Leer los instructivos de etiqueta y/o rotulación de medicamentos.
9. En el manejo preventivo y tratamiento de enfermedades se debe utilizar agujas y jeringas desechables, sólo una vez.
10. Mantener botiquín veterinario con productos vigentes. Calcular la dosis a aplicar de acuerdo a la recomendación técnica del fabricante, y observar el periodo de espera exigido (mínimo periodo que debe transcurrir desde la última aplicación).
11. Se recomienda que los fármacos y productos químicos sean almacenados y eliminados en forma que no contamine a los animales y al entorno.
12. Ocuparse de las enfermedades que puedan afectar a la salud pública (zoonosis). Tomar medidas tales como: contar con un programa de diagnóstico y control de enfermedades zoonóticas, principalmente aquellas transmitidas al ser humano por animales bovinos y roedores (Tuberculosis bovina y Leptospirosis).

13. Prevenir la contaminación de leche con heces, orina o cualquier otro residuo de origen animal.
14. Controlar los riesgos de beber agua sin tratamiento (aguas superficiales o pozo profundo) que se encuentren en las cercanías del ganado bovino o de pozos purineros y, de consumir leche cruda.
15. Mantener un rebaño cerrado, utilizando inseminación artificial en sustitución de toro, con el fin de obtener los reemplazos del mismo predio y evitar así la compra e ingreso de animales potencialmente enfermos.
16. Si el predio requiere ingresar animales, se recomienda conocer el origen de los animales, mediante la compra directa en su origen. Previo a la incorporación al plantel realizar exámenes diagnósticos, esto es importante respecto a enfermedades de largo periodo de incubación (ej. Tuberculosis y Paratuberculosis) y enfermedades zoonóticas (Leptospirosis y Brucelosis).
17. Es importante que los animales que ingresen al predio provengan de predios con igual o mejor condición sanitaria que los animales propios. Al llegar los animales a la explotación todos deben ser aislados a su arribo e inspeccionados individual y diariamente durante un periodo de cuarentena. Asimismo, se deben realizar las vacunaciones y desparasitaciones atingentes. En caso de que algún animal presente signos de enfermedad, este se debe aislar del resto de los animales introducidos y llamar inmediatamente a un médico veterinario para su inspección.
18. El equipamiento a utilizar en el manejo del área de aislamiento (ej. pala, carro forrajero) debe ser de uso exclusivo para esta unidad. En caso contrario, el equipo debe lavarse profusamente y desinfectarse.
19. Este corral debe estar físicamente alejado del resto de los animales de la explotación. Si el material de construcción lo permite, una vez terminada la cuarentena se debe eliminar los restos de alimento, agua, heces y secreciones de la zona de aislamiento, la que además debe limpiarse y desinfectarse.
20. Mantener un acceso restringido y controlado de las personas hacia el plantel. Se recomienda un sistema de señalización que indique la prohibición de ingreso al predio sin autorización y un libro de registro de visitas con la finalidad de encontrar el origen de un posible brote infeccioso. Se debe insistir en la higienización de personas, vehículos y equipo a la llegada y salida del recinto. Para esto se recomienda implementar un pediluvio con escobilla y rodiluvio.
21. Se recomienda el uso de equipos y maquinarias propios. Si esto no es posible, se deberá lavar y desinfectar el interior y el exterior de los equipos compartidos, antes de salir y previo ingreso al predio. Es recomendable

siempre exigir que estos retornen limpios al igual que las maquinarias y equipos provenientes de terceros (prestación de servicio), en particular aquellos utilizados para el manejo y aplicación de purines.

2.2.2 BPG en la nutrición del rebaño (alimentos y agua)

1. Asegurar que los alimentos y el agua provengan de fuentes de calidad.
2. El agua de bebida debe poseer una adecuada calidad microbiológica y química. Se recomienda enviar una muestra de agua a un laboratorio acreditado en el país con la finalidad de constatar su calidad físico-química y microbiológica.
3. Evitar el acceso directo de animales a causas de aguas superficiales (ríos, esteros, etc.) ya que contaminan el agua con los patógenos presentes en las heces y orina, siendo una fuente potencial de diseminación de enfermedades. Así también se evita el arrastre que se produce de suelo y sedimentos a las causas, lo cual enturbia y daña la calidad acuática de los mismos.
4. El lugar de almacenamiento de los alimentos debe ser de uso exclusivo para este fin, el cual debe someterse periódicamente a programas de control de roedores e insectos, así como de limpieza y desinfección. Se recomienda separar alimentos destinados a distintas especies animales y almacenarlo bajo condiciones adecuadas para evitar la contaminación y deterioro de los mismos. Siempre debe rechazarse el alimento mohoso o defectuoso.

2.2.3 BPG en la higiene

1. Se debe realizar un adecuado mantenimiento de las instalaciones. Los caminos de acceso y los alrededores de la explotación deben estar limpios y ordenados.
2. Los caminos de acceso a la sala de ordeña y los corrales de espera deben mantenerse limpios y libres de acumulaciones de heces, orina y/o purines.
3. Se recomienda retirar los estiércoles y purines acumulados diariamente para evitar su descomposición, generación de olores, prevalencia de moscas y diseminación de patógenos de origen fecal. En los corrales con piso de cemento, se sugiere realizar dos recolecciones por día si es seco, o mínimo dos lavados por día si se utiliza agua. En los corrales con piso de tierra el retiro debe ser periódico.
4. Una buena práctica rutinaria es verificar el orden e higiene de las instalaciones (Foto 2.1), para asegurar que las áreas circundantes estén limpias y libres de malezas, desechos orgánicos y equipos que no se utilicen.
5. Los caminos utilizados por los animales deben estar libres de basura, vertidos,

- acumulaciones de heces, orina y/o purines. Estos atraen fauna silvestre e insectos, los que actúan como vectores y diseminadores de enfermedades.
6. Se recomienda usar pediluvio antes de entrar a la sala de ordeña lo que permite la limpieza de cascos y pezuñas de las vacas.
 7. Se recomienda mantener los cercos en buen estado. Esto permite limitar el acceso del rebaño en forma directa a fuentes de aguas superficiales (ríos, esteros, lagunas), además permite restringir el acceso de animales vecinos y silvestres. Esto reduce las fuentes de contagio y diseminación de agentes patógenos. En caso necesario una buena práctica es utilizar doble cerco fronterizo con predios vecinos.
 8. Los desperdicios no orgánicos, como envoltorios y envases plásticos, deben ser adecuadamente depositados y almacenados momentáneamente en contenedores de basura de preferencia con tapa o en depósitos herméticos, y cercados, a prueba de moscas, roedores, insectos y otros animales, hasta su eliminación. En caso de que no exista un servicio municipal de recolección periódica de basuras, estos desperdicios deben ser dispuestos sanitariamente alejado de los sitios de ordeña o fuentes de agua.



Foto 2.1. Mantener la sala de ordeña limpia y en buenas condiciones es fundamental para maximizar la eficiencia productiva y para reducir la carga de patógenos existente.

9. Extremar medidas de higiene en utensilios, lo que incluye limpiar y desinfectar los equipos. Se recomienda mantener un área en el predio para dicho fin.

2.2.4 BPG en la disposición de los animales muertos

1. Llamar a un médico veterinario para que examine y diagnostique la causa de muerte de un animal. Posteriormente se debe asegurar la adecuada disposición de éste dentro de las 48 horas posteriores a la muerte.
2. Aplicar procedimientos de destrucción como incineración o fosa de enterramiento en un lugar seguro, ubicado en área destinada para dicho fin alejada de cuerpos de agua, animales e instalaciones. Una buena práctica para la disposición de cadáveres, es el entierro a una profundidad mayor a 1,5 m; en un sector sin napa freática alta, usando una capa gruesa de cal viva (CaO), bajo y sobre el animal.
3. Los equipos y vehículos de transporte destinados para el manejo de animales muertos deben ser usados exclusivamente para dicho fin. Si son utilizados para otras tareas, como el transporte de animales sanos o alimentos, deben ser lavados profusamente y desinfectados entre usos.

2.2.5 BPG en el control de insectos y roedores

1. Todo establecimiento lechero debe contar con un programa de control de insectos y roedores. Únicamente podrán utilizarse productos autorizados por el SAG. Para el control de roedores, las medidas pueden ser: cebos químicos o rodenticidas, y trampas (pegamentos, cepos).
2. Mantener un registro de las aplicaciones que como mínimo contenga: un mapa de ubicación de cebos, fecha de aplicación, producto empleado, dosis, plaga a controlar e indicar contra qué tipo de insecto o roedor se está actuando. Además los productos a utilizar deberán ser almacenados en un sitio separado de los alimentos para el ganado.

2.2.6 BPG en el trabajo de campo

1. Capacitar y focalizar el área operativa de los trabajadores, de esta manera se evita contaminaciones cruzadas en las distintas etapas productivas. La falta de conocimiento repercute negativamente en la calidad del producto.
2. Mantener una buena comunicación entre operarios y el productor para respaldar la información mediante el uso de registros.
3. Mantener un programa de capacitación del personal permanente de manera de asegurarse que las personas tomen precauciones para evitar diseminación de agentes infecciosos después del contacto con animales enfermos.

4. Otorgar seguridad al personal operativo, facilitando ropa de trabajo, elementos de protección y de aseo adecuados para las labores que realiza con el fin de mantener el orden, higiene y limpieza de la unidad.
5. Para el caso de animales enfermos (Leucosis, Tuberculosis, Paratuberculosis) y/o en tratamiento, se debe separar el calostro y la leche (no suministrar a animales, en particular a recién nacidos). Una vez terminada la labor, se debe higienizar y desinfectar los equipos y los utensilios empleados en esta labor.

2.3 BPG EN EL ACOPIO Y DURANTE LA PRODUCCIÓN DE PURINES

Las pautas preventivas deben tener un enfoque integral incluyendo la disposición y manejo de los purines, debido a que su utilización sin un manejo adecuado previo a la aplicación en praderas y/o cultivos constituye una vía de diseminación de patógenos de origen fecal al medio ambiente, y representa un potencial riesgo de infección para la salud animal y humana.

1. Contar con un sistema de almacenamiento de purines para la totalidad de los purines producidos, debidamente impermeabilizados, evitando derrames y filtraciones. Se pueden utilizar materiales como hormigón tratado, poliestirenos de alta densidad (HDPE) o PVC especial para purines (Foto 2.2), entre otros.
2. Una capacidad de almacenamiento insuficiente de purines implica un constante vaciado de los pozos y frecuentes aplicaciones a praderas y cultivos, por lo tanto, el tiempo de permanencia de los purines en el pozo es insuficiente para lograr una adecuada eliminación de patógenos. Además, el constante aporte de purines frescos al pozo contribuye con nuevas fuentes de microorganismos viables, existiendo una constante inoculación de los purines. Información internacional sugiere mantener los purines almacenados por un periodo superior a los 2-3 meses, previo a su aplicación a suelos agrícolas.
3. El pozo purinero debe estar situado en un sitio seguro, teniendo en cuenta la pendiente, el impacto visual, olfativo y el riesgo de contaminación hacia cuerpos de aguas superficiales y subterráneas, y como una posible fuente de vectores y plagas.
4. Se debe ubicar los patios de alimentación, de distribución y salas de ordeña en zonas altas dentro de la explotación, de forma de facilitar la movilización de los purines hacia la zona de almacenamiento.
5. Las obras de contención deben impedir rebalses y escorrentías de purines hacia cursos de agua.



Foto 2.2. Alternativas de sellado para pozos purineros actualmente utilizadas en predios lecheros en Chile.

6. El acceso debe ser restringido, por lo que se recomienda utilizar cercos perimetrales, que a su vez previenen accidentes.
7. Se recomienda colocar señalética de acceso restringido y otras afines según lo recomendado.
8. Una vez implementado el sistema de almacenamiento de purines, se debe inspeccionar regularmente para detectar fugas y controlar los posibles daños en las estructuras para minimizar el riesgo de contaminación de las aguas por escurrimiento y/o filtración al suelo desde el pozo purinero o arrastre hacia aguas superficiales.
9. Los pozos purineros no son basureros, por tanto no debe eliminarse allí restos de utensilios veterinarios, guantes, bolsas, u otros desechos, que pueden ser fuente de contaminación y/o afectar equipos para su aplicación al suelo.
10. Para reducir los volúmenes de purines generados, y así poder aumentar el tiempo de almacenamiento y la materia seca del purín, se debe reducir el aporte de aguas al pozo de almacenamiento. Para ello se recomienda, evitar la contaminación de aguas lluvias con fecas y orina canalizándolas independientemente hacia el exterior de la sala de ordeña. Además es importante reducir el volumen de agua de limpieza. Lo ideal es implementar

- sistemas de reciclaje, reutilizando el agua de limpieza de equipos y hacer uso eficiente de los raspadores manuales o mecánicos para la limpieza de pisos.
11. Mantener un plan de manejo mensual de los purines, en el cual se establezca un procedimiento por escrito de las indicaciones, que debe incluir un registro de la frecuencia de la recolección de los purines y cantidad de purín almacenado según número de vacas en ordeña.
 12. En el caso de traslado de purines dentro o fuera del predio, se deben emplear sistemas de transporte que eviten derrames y escurrimiento. En el caso de fecas secas debe evitarse la contaminación por partículas en suspensión.
 13. De ser necesario se debe implementar un sistema de tratamiento para reducir la carga de patógenos de los purines (Cuadro 2.1 y Capítulo 3).

Cuadro 2.1. Ejemplos de tratamientos que pueden aplicarse a purines para reducir su carga de patógenos.

Tratamientos biológicos	Tratamientos físicos	Tratamientos químicos
<ul style="list-style-type: none"> • Lagunas anaeróbicas • Estabilización aeróbica termofílica • Digestión anaeróbica • Degradación por acción de otros microorganismos 	<ul style="list-style-type: none"> • Separación sólida/líquida • Aumento de temperatura: compostaje, pasteurización, microondas • Electricidad • Irradiación 	<ul style="list-style-type: none"> • Adición de productos químicos desinfectantes: álcalis, ácidos, aldehídos, cloro, radiación UV • Aplicación de Gases: amoníaco, ozono

2.4 BPG POSTERIOR A LA PRODUCCIÓN DE PURINES

Posterior a la generación de purines se debe poner los esfuerzos en realizar una adecuada aplicación a suelo, praderas y/o cultivos, tomando como precaución la potencial diseminación de patógenos.

2.4.1 BPG en el uso de registros para la aplicación de purines

1. Se deberá llevar registro de las aplicaciones de purines en los distintos potreros del predio, que considere a lo menos: fecha de aplicación, potrero aplicado, superficie del potrero, superficie aplicada y dosis aplicada, de manera de evitar la sobre-aplicación en ciertos potreros y la aplicación en zonas de riesgo (ver a continuación).

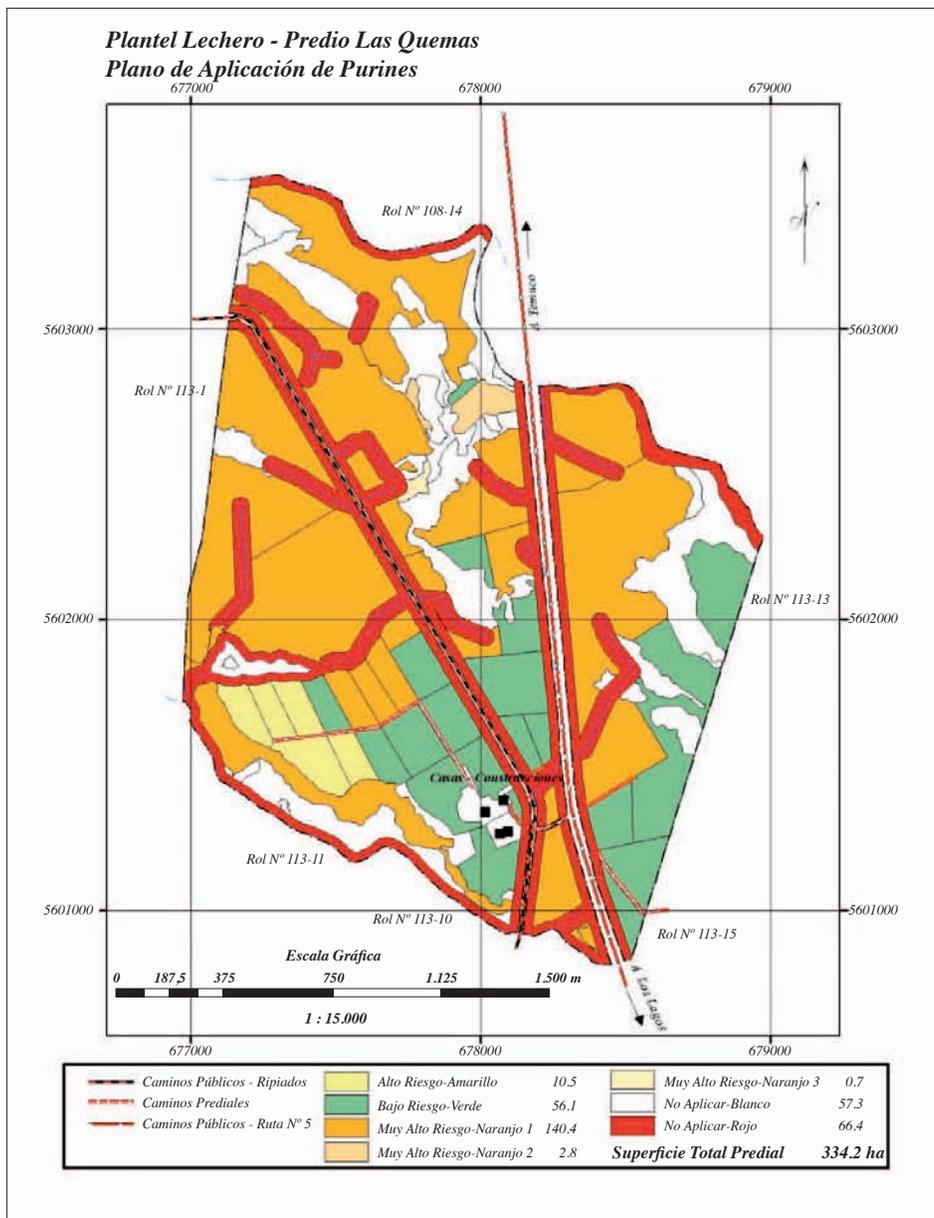


Figura 2.1 Ejemplo de plan de manejo de purines en predio lechero. Adaptado de Baeza et al. (2012).

2. Se recomienda confeccionar un mapa del predio donde se mida el riesgo de contaminación, el que incluya las pendientes, tipos de suelo, fuentes de toma de agua, aguas superficiales y subterráneas. De esta manera se deben identificar con colores los lugares de prohibición o restricción de la aplicación de purines, en contraste con aquellos en que sí estará permitido su uso (Figura 2.1).

2.4.2 BPG en el transporte del purín

1. Los medios transportadores de estiércol y purines (Ej. carros purineros), deben ser cerrados en el fondo y en los costados además de ser cubiertos, para evitar derrames.
2. Luego de la descarga, se debe realizar una limpieza de la superficie interna y externa del transporte para evitar la descomposición de los purines residuales y la proliferación de agentes patógenos.
3. Se debe exigir que las maquinarias y equipos provenientes de terceros (prestación de servicio) estén limpios y en lo posible desinfectados, en particular aquellos utilizados para el manejo y aplicación de purines.

2.4.3 BPG a considerar en la zona de aplicación

1. Se deberá hacer una estimación de la superficie disponible efectiva en el predio para la aplicación de purines, así se podrá evaluar si existe suficiente área disponible y las condiciones del terreno son adecuadas para la aplicación de purines (Figura 2.1). Como complemento a esto será importante seleccionar potreros desde sin restricciones a con restricciones de aplicación (por topografía, cercanía a cursos de agua, caminos, casas, otros). En sitios planos o semiplanos de aplicación, debe mantenerse una franja o distancia igual o superior a 3 metros de protección, sin adición de purines, de cuerpos de agua superficiales (ríos, lagos). Esta superficie se incrementa exponencialmente con el aumento de la pendiente del terreno (Capítulo 6).
2. La topografía del terreno debe ser tal que no genere escurrimiento superficial a cuerpos de agua o anegamientos.
3. Evitar la aplicación de purines en suelos poco profundos o que contengan napas fisuradas. Utilizar un sistema de aplicación que permita su fácil distribución en los suelos de forma homogénea.

2.4.4 BPG en el método de aplicación

El sistema de aplicación de purín influye directamente sobre la sobrevivencia y diseminación de patógenos. En términos generales los métodos de aplicación se

clasifican en aplicación por aspersión, en bandas por sobre la superficie del suelo, por inyección bajo el suelo y el bosteo de forma natural.

1. Evitar la deriva durante la aplicación de purines. Los purines aplicados mediante aspersión son dispersos sobre la superficie del suelo, quedando los patógenos expuestos a las condiciones ambientales, como por ejemplo, la presencia de oxígeno (medio aeróbico), viento (deshidratación), rayos UV (desinfección natural) y lluvia (incorporación y lavado de patógenos al subsuelo). Sin embargo, esta forma de aplicación genera un potencial impacto negativo de dispersión de patógenos por vía aerógena, debido al efecto de deriva durante la aspersión (Foto 2.3), haciendo que la fauna silvestre y las personas entren en contacto con patógenos aún viables, pudiendo causar un impacto sanitario a predios lecheros colindantes libre de enfermedades.



Foto 2.3. Aplicación de purines en pradera, donde se observa deriva por condiciones ambientales inadecuadas (viento).

2. La aplicación en bandas (Foto 2.4.) o inyección de purines al suelo ayuda a disminuir las pérdidas de nutrientes por escorrentía y volatilización, pero este último equipo puede prolongar la supervivencia de patógenos, luego de su incorporación al suelo tras permanecer viables gracias a condiciones propicias de anaerobiosis, humedad y oscuridad.

3. En pastoreo, las condiciones anaeróbicas, de humedad y oscuridad presente en las bostas son muy favorables para el desarrollo de patógenos. Asimismo el elevado número de vectores asociados a las bostas, aumentan la probabilidad de diseminación de patógenos. Para reducir el riesgo y la carga de patógenos en estas condiciones, se recomienda esparcir las bostas sobre la pradera usando una rastra de neumáticos o clavos. De este modo se rompe la bosta y se expone el material fecal a condiciones ambientales desfavorables.



Foto 2.4. Ejemplo de equipamiento utilizado para aplicación de purines en bandas, sobre la superficie de suelos, en praderas (Foto: Rothamsted, North Wyke).

4. El sistema de aplicación deberá considerar el tipo de suelo existente, ya que este influye en la viabilidad y diseminación de patógenos posterior a la aplicación de purines. Aplicación de purines en suelos arenosos o arcillosos agrietados aumenta el riesgo de diseminación de patógenos a cursos de agua subterráneos.

2.4.5 BPG según dosis y momento de aplicación

1. Se debe aplicar los purines en época primaveral, dado que en este periodo las condiciones ambientales son menos propicias para la supervivencia de patógenos, y el cultivo o pradera se encuentra en activo crecimiento.
2. Se debe evitar aplicar purines en invierno, las altas precipitaciones, las bajas temperaturas, y la escasez de rayos UV son parámetros favorables para la supervivencia de patógenos.
3. Se debe evitar aplicaciones nocturnas de purines, debido a la falta de luz solar necesaria para eliminar patógenos.
4. No se debe pastorear con animales en etapas juveniles las praderas donde recién se ha aplicado purines, pues el riesgo de infección es mayor.

CAPITULO 3

TRATAMIENTOS PARA REDUCIR LA CARGA DE PATÓGENOS EN PURINES

Marta Alfaro V., Ingeniero Agrónomo, Ph.D., INIA-Remehue
Francisco Salazar S., Ingeniero Agrónomo, Ph.D., INIA-Remehue
Loreto Meyer Z., Médico Veterinario

Los principales factores limitantes para la supervivencia de patógenos en el medio ambiente son, (i) exposición a rayos solares ultra violeta, (ii) deshidratación, (iii) temperatura y/o pH extremos y, (iv) concentración de amoníaco (NH_3). Cada uno de estos factores ejerce un impacto diferente en los microorganismos (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Factores físico-químicos y biológicos que afectan la supervivencia de patógenos en el medio ambiente. Adaptado de Schönning y Stenström (2004).

Parámetro	Impacto en el patógeno
Temperatura	La mayoría de microorganismos sobrevive bien a bajas temperaturas (<5°C) y decrecen rápidamente a altas temperaturas (>50-40°C). Para asegurar la inactivación en procesos de compostaje, por ejemplo, se necesitan temperaturas alrededor de los 65-55°C para eliminar patógenos (excepto esporas bacterianas) en pocas horas. Para mayor efectividad se recomienda mantener éstas temperaturas por al menos una semana.
pH	Muchos microorganismos están adaptados a un pH neutro (7). Las condiciones altamente ácidas o altamente alcalinas tendrán un efecto inactivador. La adición de cal a estiércol, heces secas o lodos residuales incrementará el pH e inactivará a los patógenos. La velocidad de inactivación incrementará con el mayor pH alcalino.
Amoníaco	En ambientes naturales, el amoníaco (NH_3) químicamente hidrolizado o producido por bacterias puede ser tóxico para otros organismos. La adición de químicos generadores de amoníaco facilitará la inactivación de patógenos en la excreta o lodos residuales.
Humedad	La humedad está relacionada con la supervivencia del organismo en el suelo y en las fecas. Un suelo o material húmedo favorece la supervivencia de los microorganismos mientras que un proceso de secado reducirá el número de patógenos.

Parámetro	Impacto en el patógeno
Radiación Solar / Rayos UV	La radiación ultravioleta reducirá el número de patógenos. Esta tecnología es usada como un proceso para el tratamiento tanto de agua potable como de aguas residuales. Durante la aplicación de purines, el tiempo de supervivencia será menor cuando se aplican en la superficie (cobertera) que cuando se incorporan al suelo, donde la luz solar pueda afectar a los organismos.
Presencia de otros microorganismos	La supervivencia de los microorganismos es generalmente más larga en el material que ha sido esterilizado que en una muestra ambiental que contiene otros microorganismos. Los microorganismos pueden afectarse unos a otros por depredación, liberación de sustancias antagónicas o competición.
Nutrientes	Las bacterias se desarrollan en el ambiente cuando los nutrientes están disponibles y otras condiciones son favorables. La bacteria entérica adaptada para desarrollarse en el tracto gastrointestinal no es siempre capaz de competir con los organismos nativos por los escasos nutrientes, limitando su habilidad de reproducirse y de sobrevivir en el ambiente.
Otros factores	La actividad microbiana depende de la disponibilidad de oxígeno. En el suelo, el tamaño de las partículas y la permeabilidad impactarán la supervivencia microbiana. En suelos compactados, así como en ambientes húmedos o en aguas residuales, la baja disponibilidad de oxígeno puede afectar la supervivencia de patógenos aeróbicos.

Los tratamientos disponibles para reducir la carga de patógenos en purines pueden clasificarse en biológicos o mecánicos, físicos y químicos.

3.1 Tratamientos biológicos o mecánicos

3.1.1 Almacenamiento en pozos purineros (anaeróbicos)

El éxito final en la reducción de la carga de patógenos dependerá del tipo y concentración del patógeno, la temperatura de almacenaje y el contenido de materia seca de los purines durante su almacenamiento. Para reducir la tasa de supervivencia de patógenos en general se recomienda almacenar purines con mayor contenido de materia seca al habitual de la zona sur de Chile (2-3%), evitando el ingreso tanto de aguas sucias como de aguas de lluvia (Capítulo 2). El periodo de almacenamiento en estas lagunas debe ser de al menos 60-90 días. De este modo durante el almacenamiento de purines se espera una reducción natural progresiva de la carga de patógenos.

3.1.2 Compostaje (almacenamiento de sólidos)

El compostaje es un proceso aeróbico exotérmico usado para la estabilización, remoción de olores y reducción de la carga de patógenos en residuos sólidos orgánicos. La incorporación de oxígeno al compost de estiércol permite el desarrollo de bacterias aeróbicas que son las precursoras del incremento en temperatura del compost y por ende de las condiciones que permitirán la reducción o eliminación de patógenos. La incorporación de aire al compost (mediante el volteo de las pilas) es necesaria para evitar la producción malos olores y gases por descomposición anaeróbica de la materia orgánica (metano, ácidos volátiles). El uso de técnicas adecuadas de compostaje de estiércol bovino puede lograr la reducción efectiva del número de patógenos presente (Figuras 3.1 y 3.2). Así, mantener condiciones termofílicas (entre 45 y 65°C) durante un mínimo de 3 días es uno de los parámetros esenciales en compostaje aeróbico para la reducción y eliminación de patógenos (Figura 3.1).

En la zona sur del país, el almacenamiento de estiércoles se realiza principalmente al aire libre, por lo que en épocas de invierno, se incrementa el contenido de humedad de las pilas, lo que impiden un adecuado compostaje.

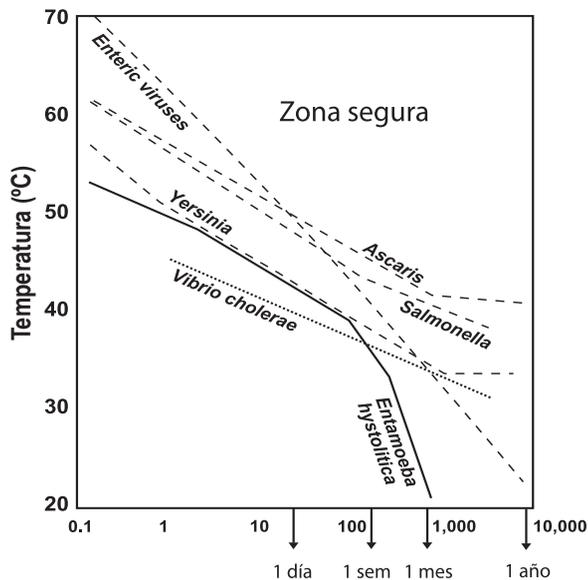


Figura 3.1. Requerimientos de tiempo y temperatura para la producción estéril de residuos con respecto a un rango de patógenos específicos. Adaptado de Strauch (1991).

Estándares europeos establecen que el contenido de patógenos en residuos compostados debe ser ausente para *E. coli* O157:H7 y *Salmonella spp.* En Chile, la Norma de Calidad de Compost establece que la densidad de coliformes fecales debe ser menor a 1000 NMP (número más probable) por gramo de compost y menor a 4 NMP de *Salmonella* por cada 4 gramos de compost (Norma de Calidad de Compost; CONAMA, 2000). La norma chilena también establece que las condiciones termófilas a 55°C deben ser mantenidas por 3 ó 15 días si el compostaje es estático o activo, respectivamente. De forma alternativa, se permite un compostaje por 30 minutos si es que las temperaturas alcanzan a 70°C.

3.1.3 Separación de sólidos/líquidos

Las diferentes tecnologías de separación de purines para la obtención de la fracción sólida y líquida, facilita la posterior reducción o eliminación de patógenos ya que permite enfocar mecanismos de tratamiento efectivos a cada fracción. Por ejemplo, la fracción líquida podrá acumularse en lagunas anaeróbicas (o tratamiento químico) mientras que la fracción sólida (seca), al presentar menor contenido de humedad, favorecerá la reducción de patógenos por deshidratación y exposición a los rayos ultravioleta al ser aplicados al suelo. Por ende, el compostaje será comúnmente una alternativa a la fracción sólida (Figura 3.2). Debe tenerse presente que la carga patogénica en general es más alta en las fracciones líquidas que en las sólidas.

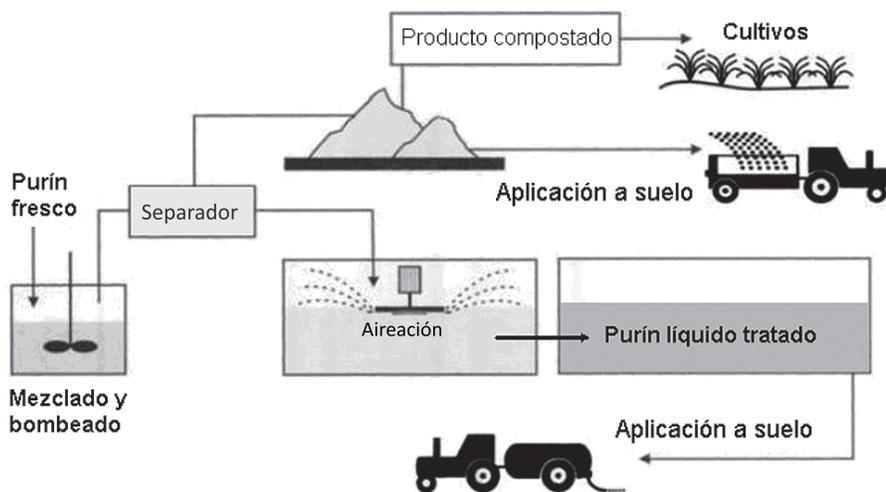


Figura 3.2. Esquema descriptivo de un sistema de tratamiento de separación sólida/líquida de purines. Adaptado de Burton y Turner (2003).

Los sistemas de separación de purines por lo general son costosos, tanto en la adquisición como en la etapa de operación y mantención. No obstante, en aquellos planteles ganaderos que carecen de superficie disponible para la aplicación de purines (por ejemplo, grandes lecherías de la zona central de Chile con sistemas de estabulación permanente) resulta indispensable la incorporación de tecnologías de separación de purines, como prensas, centrifugación, filtros de arena, o pozos purineros con separador (paredes ranuradas).

3.1.4 Lagunas anaeróbicas

La mayoría de las estructuras de almacenamiento y lagunas de tratamiento mantienen la fracción líquida del purín en condiciones anaeróbicas. La aireación natural o mecánica es requerida para promover el crecimiento de bacterias aeróbicas, lo que normalmente ocurre en los primeros 15 cm de la superficie de las lagunas.

El costo de implementación de lagunas anaeróbicas es menor al de lagunas aeróbicas puesto que la incorporación constante de oxígeno disuelto implica, la fabricación de un sistema de aireación mecánica o la construcción de lagunas de baja profundidad (no mayor a 1 m) que garanticen mayor área de superficie expuesta a intercambio de oxígeno y por ende requieren de mayor extensión de terreno para su construcción. Por esta razón, se prefiere el uso de lagunas anaeróbicas ya que requieren de menor manejo y menor costo de construcción. Estudios extranjeros han demostrado que *Escherichia coli* puede permanecer viable por sobre los 12 años en el fondo de lagunas anaeróbicas, desde una concentración inicial de 10^7 por gramo de lodo a una de 10^3 por gramo de lodo muestreado. Sin embargo, estudios extranjeros indican que para la inactivación completa de patógenos en lagunas anaeróbicas se requiere de un periodo de a lo menos 18 meses sin nuevos aportes de líquidos a la laguna, lo cual bajo condiciones normales de estabilización genera un pH 8 a lo largo del año.

3.1.5 Digestión anaeróbica

El tratamiento de digestión anaeróbica contribuye a reducir enormemente la carga de patógenos en purines y por ende a limitar el número de patógenos diseminados al medio ambiente. Estos sistemas fueron inicialmente implementados para la estabilización de purines y reducción de olores. Sin embargo, hoy en día se utilizan además para reducir el contenido de patógenos como *Salmonella*, *Mycobacterium spp.*, *E. coli*, *Campylobacter spp.*, *Listeria spp.*, *Yersenia spp.*, entre otros, presentes en estiércoles y purines agrícolas, y lodos domiciliarios.

Estudios internacionales indican que estos sistemas han demostrado ser altamente efectivos, con reducciones de hasta un 90% en el contenido de *Salmonella typhimurium*, *E.coli*, y *Yersenia enterocolítica* en purines bovinos luego de tres días de digestión a una temperatura constante de 35°C. Estudios extranjeros sugieren que al término del proceso de digestión anaeróbica se someta los residuos sólidos y líquidos a 70°C por 30 minutos, y posteriormente a 35°C por un periodo de retención de 12 días, para obtener una reducción absoluta de patógenos. Estos mismos estudios indican que la temperatura empleada durante el proceso de digestión anaeróbica resulta primordial para la eliminación de MAP, ya que al incrementarse la temperatura del digestor a 35°C, MAP puede ser eliminada en un 100% en 28 días.

El alto costo asociado a la inversión inicial de un digestor anaeróbico es una barrera para muchos productores. Sin embargo, la producción de biogás a partir de residuos como purines puede contribuir a compensar el costo de la inversión y, de hecho, es el principal factor de impulso para productores al construir digestores anaeróbicos.

3.1.6 Estabilización aeróbica termofílica

Este sistema de tratamiento es también conocido como compostaje líquido y consiste en la eliminación o reducción de patógenos por acción de bacterias aeróbicas termofílicas presente en los purines. La inyección mecánica de aire de manera controlada permite la degradación exotérmica microbiana y la generación de procesos metabólicos que resultan en un incremento de la temperatura (45-65°C) y del pH (por sobre 8) del purín. Este sistema de tratamiento es costoso ya que requiere de la inyección periódica de aire y de un contenedor hermético para optimizar la eficiencia térmica.

3.2 Tratamientos químicos

3.2.1 Desinfectantes químicos

Estos pueden ser en la forma de álcalis o ácidos (Foto 3.1).

3.2.1.1 Desinfectantes alcalinos

La adición de cal a purines de lechería se emplea para reducir el número de patógenos previo a su aplicación, debido a un incremento de pH, que impide el desarrollo de microorganismos patógenos.

Entre las ventajas del uso de cal se encuentran:

- ▶ bajo costo
- ▶ fácil incorporación al purín
- ▶ fácil disposición del purín tratado
- ▶ efectos positivos adicionales, al contribuir a reducir la acidificación de suelos

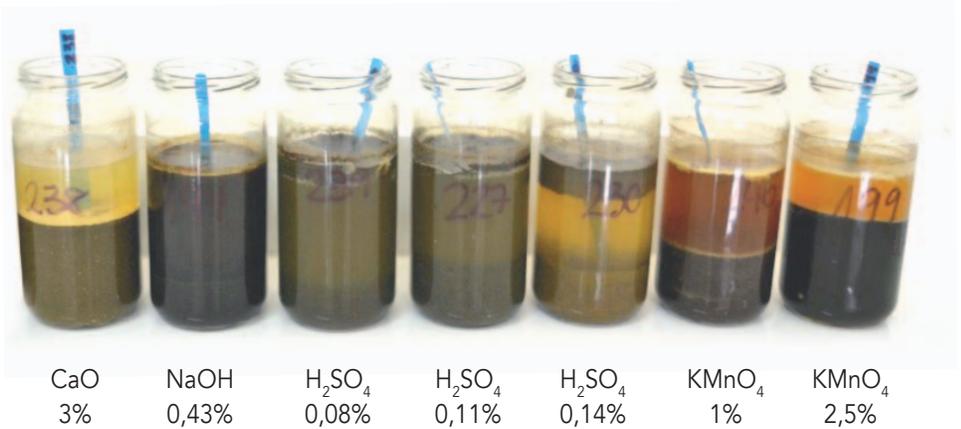


Foto 3.1. Ejemplos de potenciales tratamientos químicos que pueden ser aplicados a purines de lechería para reducir su carga de patógenos y su efecto sobre la separación de fases del purín líquido.

Sin embargo, debe considerarse que el uso de álcalis puede aumentar las emisiones de amoníaco durante el almacenamiento o una vez aplicado al suelo, reduciendo el contenido de N disponible en el purín. Además, la estabilización con cal involucra labores de cargado y mezclado de la cal, lo que significa un costo adicional.

Las dosis de productos alcalinos comúnmente usados para la eliminación de patógenos, y su potencial efectividad se muestran en los Cuadros 3.2 y 3.3.

Cuadro 3.2. Dosis de productos alcalinos usados comúnmente en la eliminación de patógenos en purines. Adaptado de Burton y Turner (2003).

Producto		Bacteria Vegetativa	Virus al desnudo	Virus encubiertos
40% cal apagada en agua, Ca(OH)_2	Dosis (kg/m^3)	60	60	40
	Tiempo exposición (días)	4	4	4
50% cal viva (CaO) e Hidróxido de potasio (KOH)	Dosis (kg/m^3)	30 (1,5% NaOH)	30	20 (0,8% NaOH)
	Tiempo exposición (días)	4	4	4
Cianamida cálcica (CaCN_2)	Dosis (kg/m^3)	20		20
	Tiempo exposición (días)	7		30

Cuadro 3.3. Evaluación de químicos de base alcalina para la desinfección de estiércol. Adaptado de Burton y Turner (2003).

Producto	Concentración	Salmonella	Enterococci	Bacillus careus
Cal apagada, Ca(OH)_2	10% p/p	√√√	√	√√
Cal viva, CaO	10% p/p	√√√√√	√√√√	√√
	55 kg/m^3	√√√√√	√√√√	√√
	70 kg/m^3	√√√√√	√√√√	√√
	125 kg/m^3	√√√√√	√√√√√	√√√√√
Peróxido de calcio, CaO_2	2,5 p/p	√√√√√	√√√	√√

Nivel de Eficacia: √: Reducción insuficiente. √√: Supervivencia parcial de esporas. √√√: Inactivación incompleta. √√√√: Reducción suficiente. √√√√√: Inactivación completa

Un ejemplo de adición de cal para control de patógenos en estiércol se muestra en la Figura 3.3.

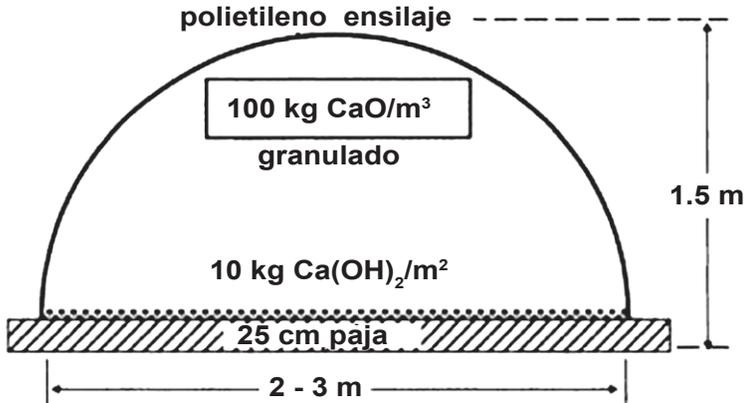


Figura 3.3. Representación esquemática de la construcción de una pila de estiércol con la incorporación de cal para la desinfección de una gama de patógenos. Adaptado de Burton y Turner (2003).

3.2.1.2 Ácidos

La inactivación de patógenos por adición de ácidos a purines ocurre por efecto de cambio de pH (mediante el uso de ácidos inorgánicos) o mediante el uso de surfactantes, por interacción con estructuras lipofílicas de membranas de virus encubiertos (ácidos orgánicos). Los ácidos inorgánicos poseen un efecto corrosivo fuerte y por ende son escasamente utilizados en el tratamiento de purines. Por otro lado, el contenido proteico de los purines reduce considerablemente el efecto desactivador de los ácidos orgánicos (Cuadro 3.4). Estudios sugieren el uso de ácido peracético al 15% para la eliminación de patógenos en purines mezclados con 40 kg de desinfectante por m^3 de purín, por un tiempo de reacción de 4 días.

El peróxido de hidrógeno o agua oxigenada (H_2O_2) es un ácido débil y es considerado uno de los agentes oxidantes más potentes, siendo usado en la desinfección de purines de cerdo y aves, probablemente dado el elevado contenido de nitrógeno y materia orgánica presente en este tipo de residuos animales. Los resultados preliminares bajo condiciones controladas han demostrado que entre 1 y 24 h posterior a la adición de

H₂O₂ (al 2%) la carga patogénica de coliformes fecales totales y bacterias mesofílicas fue reducida por sobre un 99%. Adicionalmente, el uso de H₂O₂ beneficia las propiedades físico-químicas y biológicas de los purines; entre estas se destacan una mejora de las propiedades organolépticas como el color y el olor y la oxidación de la materia orgánica, a través de la reducción de la demanda biológica de oxígeno (DBO₅), aunque lamentablemente esto reduce el contenido de N disponible en el purín (NH₄⁺). Además, la adición de H₂O₂ también ayuda a disminuir las emisiones de gases tóxicos como el ácido sulfúrico (sulfuro de hidrógeno, H₂S) que ocurren (i) en los primeros 30 segundos de la agitación de pozos purineros, (ii) al romper la costra sobre los pozos, (iii) al agregar los efluentes de ensilaje al pozo purinero y (iv) luego de varios meses de almacenamiento.

Cuadro 3.4. Dosis de ácidos usados comúnmente en la eliminación de patógenos en purines. Adaptado Burton y Turner (2003).

Producto		Bacteria Vegetativa	Virus encubiertos
Acido peracético (CH ₃ CO ₃ H) (15%)	Dosis (kg/m ³)	25 (0,37% acido peracético)	40 (0,6% acido peracético)
	Tiempo exposición (días)	0,04	4

3.2.1.3 Aldehídos

Sus ventajas económicas de adquisición, sus propiedades biodegradables y el no presentar efectos corrosivos sobre construcciones y equipos, hace que sean uno de los agentes químicos de mayor uso en países desarrollados. Sin embargo, requieren de alta dependencia de temperatura para la inactivación de patógenos (haciendo muy elevado el costo de operación) y generan olores irritantes. Recomendaciones internacionales sugieren que para la desinfección total de purines bovinos con formalina se requiere mezclar entre 9-15 kg por m³ de purín durante un tiempo de reacción de 4 días (Cuadro 3.5).

Cuadro 3.5. Dosis de aldehídos usados comúnmente en la eliminación de patógenos en purines. Adaptado de Burton y Turner (2003).

Producto		Bacteria Vegetativa	Virus al desnudo	Virus encubiertos	Mycobacteria	Esporas de bacterias
Formalina (37% formaldehído)	Dosis (kg/m ³)	15 (1,5% formalina)	15	10 (1,0% formalina)	25 (2,5% formalina)	<5% MS: 50
	Tiempo exposición (días)	4	4	4	14	4

Si bien el uso de desinfectantes químicos es efectivo en la reducción de patógenos, su uso puede presentar desventajas:

- (i) efecto corrosivo en equipos y construcciones, en especial en maquinarias agrícolas, tuberías de aplicación, estanques, bombas, etc.;
- (ii) riesgo para la salud de los operadores durante su manipulación;
- (iii) potencial impacto negativo al medio ambiente por derrames o uso inadecuado antes, durante y después del mezclado con los purines (efecto residual posterior a su aplicación al suelo; impacto en animales, plantas y cursos de agua, como así también, micro y macro invertebrados del suelo);
- (iv) costo adicional tanto en su compra como en el almacenamiento (construcción de bodegas de agroquímicos), y en la capacitación del personal a cargo de su manipulación.

3.2.2 Cloración

La cloración es un método de desinfección comúnmente usado para agua potable y resulta muy efectivo contra bacterias y menos efectivo contra virus y protozoos. Sin embargo, el alto contenido de materia orgánica en los purines inhibe de manera substancial la efectividad del cloro. Además, las reacciones químicas entre la materia orgánica y el cloro también producen subproductos tóxicos y cancerígenos, por lo que no es una alternativa recomendable.

3.2.3 Rayos ultravioleta

La irradiación de purines con rayos ultravioleta destruye el ADN y ARN de bacterias y protozoos patógenos, sin generar compuestos residuales después del proceso de desinfección. Tampoco afecta el contenido nutricional de los

purines. Sin embargo, este método es menos efectivo para el tratamiento de los virus presentes. Para que la radiación ultravioleta sea efectiva, esta debe lograr irradiar de forma homogénea la totalidad de los purines y, debido a su densidad y contenido de sólidos, los rayos UV tendrán mayor efecto destructivo cuando los purines sean aplicados sobre el suelo que durante su almacenamiento en pozos purineros. Este método es más efectivo para la eliminación de patógenos cuando existe un sistema de separación de purines donde la fracción líquida es normalmente almacenada en lagunas anaeróbicas o aplicada sin previo tratamiento sobre el suelo, ya que tanto la densidad como el contenido de sólidos de la fracción líquida es menor, permitiendo una penetración de los rayos UV. Este es el caso de las aguas servidas donde la fracción líquida es irradiada con rayos UV artificial.

3.2.4 Ozonificación

El ozono es un poderoso agente oxidante muy efectivo en la eliminación de bacterias. Sin embargo, el contenido de materia orgánica de purines interfiere con la ozonificación y por lo tanto la separación de sólidos como pre-tratamiento a la ozonificación es recomendable.

3.3 Tratamientos físicos

3.3.1 Pasteurización (tratamiento térmico)

La eliminación de patógenos en purines y estiércol a través de la pasteurización requiere de una temperatura constante de 70°C durante 30 minutos. No obstante, el costo energético requerido para lograr la desinfección del purín es muy elevado y por ende sólo es utilizado como tratamiento adicional en sistemas productivos donde se lleve a cabo digestión anaeróbica.

3.3.2 Microondas

La irradiación por microondas es un proceso de calentamiento por la interacción de materiales dieléctricos con radiación electromagnética. Si bien este método de desinfección es mayormente utilizado en lodos de plantas de tratamiento de residuos domiciliarios. También es empleado para el tratamiento de purines de lechería en el extranjero. Aun cuando el tratamiento es efectivo contra patógenos, referencias extranjeras indican que el método es costoso ya que requiere de un funcionamiento continuo (sobre 20 minutos) a 2450 MHz (1000 W de potencia), y es usado comúnmente con ayuda de peróxido de hidrogeno (H_2O_2) dentro de un digestor de microondas.

3.3.3 Oligolisis

El principio del método es basado en la acción de iones de cobre y posiblemente por electrólisis parcial del agua. Para la eliminación de patógenos, se suspenden electrodos de cobre sobre la superficie de los purines almacenados y se circula corriente eléctrica de voltaje entre 1,5 y 24 volts, de forma alternada, durante un período superior a 1 mes, provocando un efecto bacteriostático en los patógenos. La ventaja de este sistema de tratamiento es su fácil implementación y bajo costo de inversión, siendo utilizado en el extranjero para la eliminación de patógenos en estiércol y purines líquidos, y para la eliminación de malos olores. En el extranjero este método de tratamiento ha sido usado por varias décadas reportando, por ejemplo, reducciones significativas de *Salmonella senftenberg* y *E. coli* en purines bovino bajo condiciones reales de terreno. Sin embargo, existe un potencial impacto ambiental negativo de este método por efecto residual del cobre presente en los purines posterior al tratamiento (25% residual).

3.3.4 Irradiación (rayos Gamma y rayos X)

Por lo general, las técnicas de irradiación son usadas para eliminar patógenos presente en alimentos, aunque también ha sido empleada para descontaminar purines y estiércoles animales. El uso del isótopo radiactivo Cobalto 60 como fuente de rayos gama es actualmente reemplazado por rayos X para obtener un proceso más seguro y manejable. Si bien estudios internacionales indican que el purín no se convierte en un material radioactivo posterior al tratamiento, y por ende no representa un potencial impacto al medio ambiente luego de su aplicación al suelo, el tratamiento con rayos gamma si presenta un enorme riesgo para la salud de las personas y el medio ambiente por radiactividad en caso de fallas técnicas.

Otro aspecto importante es que la irradiación destruye todo tipo de microorganismos presente en los purines, dando como resultado un residuo orgánico inerte que desfavorece los procesos de descomposición microbiana y no impulsa la activación de ciclos de nutrientes durante su aplicación a suelos agrícolas.

3.4 Costo efectividad de diferentes tratamientos

El costo efectividad, esto es, el impacto positivo en reducción de patógenos de distintos tratamientos, en relación a su costo de implementación y operación a escala predial depende de su correcto funcionamiento y de realizar una selección apropiada a las características del sistema productivo.

Todos los sistemas de tratamiento poseen el potencial para lograr la eliminación completa de patógenos de los purines. Sin embargo, para que ello sea posible se deben establecer técnicas y métodos estrictos de manejo, partiendo de la base que los purines utilizados provienen con una menor carga de patógenos por la implementación de BPG. Además, deben considerarse aspectos de infraestructura básica preexistente en los predios, como pozos de cemento y de tamaño suficiente para almacenar los purines producidos durante al menos 3 meses y que exista la canalización separada de aguas sucias y aguas lluvia. Una vez establecidas esas condiciones se debe optar por el método de tratamiento más eficaz para reducir aún más el contenido de patógenos de los purines.

Bajo este escenario, se estableció un cuadro comparativo entre los diferentes sistemas de tratamiento, para mostrar el potencial teórico de cada uno y, bajo qué condiciones (o requerimientos) de manejo estos deben operar para lograr una eliminación casi completa de microorganismos patógenos como *Salmonella spp.*, MAP y *Escherichia coli* (Cuadro 3.6).

La mayoría de los sistemas de tratamiento logran una reducción teórica de patógenos hasta el 100%, pero los altos costos de algunos sistemas versus el bajo costo de otros, sumado a las enormes diferencias de duración del tratamiento, motivan la utilización de métodos más sencillos y económicos.

A manera de resumen, se puede decir que:

1. Para la eliminación de *E. coli*, *Salmonella* y MAP de purines líquidos (no de estiércol), el método más conveniente es el almacenamiento en pozos purineros por un periodo de al menos 3 y hasta 6 meses, dependiendo del tipo de purín. Esto se debe a su bajo costo y simpleza en la operación, alto nivel de efectividad y, bajo impacto negativo al medio ambiente.
2. La digestión anaeróbica como sistema de tratamiento para reducir la carga de patógenos en purines no es completamente eficaz para *Salmonella* y MAP. Aún bajo procedimientos estrictos y sin desperfectos, el grado de complejidad y la falta de conocimiento técnico en Chile para una operación ininterrumpida de los digestores anaeróbicos (necesarios para la reducción de patógenos en los purines) posicionan a este sistema de tratamiento como poco confiable y de resultados variables en el tiempo (carga de patógenos variable). A esto se suman los altos costos de implementación, operación y mantención.
3. La separación mecánica o por gravedad es una buena opción. Si bien esta es de elevado costo, permite el tratamiento, por separado, de las fracciones sólida y líquida, dando un tratamiento eficaz y ajustado a cada fracción. De este modo, el

Cuadro 3.6. Potencial teórico de mayor eficacia y características de los principales sistemas de tratamiento usados para reducir la carga de patógenos en purines bovinos.

Sistema tratamiento (planteo de 300 vacas)	Requerimientos Abióticos		Reducción patogénica (%)		Costo Implementación (Millones)	Referencia
	Temperatura, pH y otros	Duración ^h	E.c.*	Salm*		
Almacenamiento en pozo	5-15°C	90 d-180 d	100	100	10-30**	CNPL, 2012; Jorgensen, 1977; Nicholson <i>et al.</i> , 2005; Singh <i>et al.</i> , 2010.
Digestión anaeróbica					165**	CNPL, 2012
Estabilización digestato	35-70°C	30 min-3 d	100	>85	-	Kearney <i>et al.</i> , 1993; Nicholson <i>et al.</i> , 2005.
Separación						
Fración líquida	Temperatura ambiente 45-65°C	Laguna anaeróbica	100	<100	14-35	DairyCo, 2010; Gilkinson, 2009.
Fración sólida		Compostaje	100	<100	-	Watabe <i>et al.</i> , 2003.
Compostaje	45-65°C pH 7	3 d-15 d	100	100	***	Watabe <i>et al.</i> , 2003.
Laguna anaeróbica	Temperatura ambiente pH 8	>18 meses	100	100	10-30**	Bohm, 2002; Martin, 2005; Nicholson <i>et al.</i> , 2005; Burton y Turner, 2003.
Pasteurización	70°C	1 h	100	100	****	Lukicheva <i>et al.</i> , 2012; CNPL, 2012.
Desinfección química	55°C 12% cal pH12	2 h	100	100	-	Bohm, 2002; Davis, 2002. Davis, 2002; Godfree y Farrell, 2005.

*: E.c: *Escherichia coli*. Salm: *Salmonella* spp. **: costo para planteo de 1000 vacas lecheras. de acuerdo al Consejo Nacional de Producción Limpia(CNPL, 2012). ***: Valor estimado de \$1,000 pesos por metro cúbico de compost apliado, costo maquinaria y aplicación (Fuentes *et al.*, 2001). ****: El valor de la pasteurización estaría incluido en el costo de la digestión anaeróbica. (h) min: minutos. h: horas. d: días.

líquido es tratado en lagunas anaeróbicas o irrigado directamente (en caso de que el contenido de patógenos sea seguro) y la fracción sólida mediante compostaje. Las lagunas anaeróbicas son una buena alternativa en planteles lecheros que tienen incorporado un sistema de separación mecánica, donde es la única alternativa para el almacenamiento de la fracción líquida. La reducción de patógenos es eficiente sólo si cumple con especificaciones técnicas de construcción. Estas puede representar un riesgo para las personas y los animales y utilizan grandes extensiones de terreno.

4. Para el tratamiento de estiércol (o fracción sólida) el compostaje fue el método mejor evaluado, ya que las condiciones de temperatura generadas naturalmente en las pilas permiten la eliminación completa de *E. coli*, *Salmonella* y MAP. Es un método que no requiere mayor inversión, es de fácil implementación, operación y mantención. Además no impone mayores riesgos para la salud de las personas. El uso de cal, es también efectivo como tratamiento contra patógenos, pero impone un riesgo a la salud de los operadores e involucra mano de obra adicional durante el mezclado con el estiércol. Si bien no es de elevado costo de adquisición, implica un costo adicional y conocimiento de las dosis de mezclado para evitar, efectos adversos en el suelo (alcalinidad) al momento de su aplicación, como también al medioambiente (emisiones de amoníaco).

CAPITULO 4

EJEMPLOS DE LA APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS QUÍMICOS Y FÍSICOS PARA EL CONTROL DE PATÓGENOS Y SUS IMPACTOS SOBRE LA COMPOSICIÓN DEL PURÍN

Marta Alfaro V., Ingeniero Agrónomo, Ph.D., INIA-Remehue

Loreto Meyer Z., Médico Veterinario

Francisco Salazar S., Ingeniero Agrónomo, Ph.D., INIA-Remehue

Miguel Salgado A., Med. Vet. M.Sc. Dr.Cs., Universidad Austral de Chile

En el país, existe escasa información sobre alternativas de tratamiento costo-efectiva que permitan reducir la carga de patógenos en purines, y en particular, sobre los efectos secundarios que estos pudieran tener sobre la calidad físico-química del purín tratado.

La evaluación realizada por INIA Remehue, en colaboración con el Instituto de Bioquímica y Microbiología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Austral de Chile, incluyó entre otros la evaluación de los siguientes tratamientos (Foto 4.1):

- a) Óxido de calcio (CaO)
- b) Hidróxido de sodio (NaOH)
- c) Ácido sulfúrico (H₂SO₄)
- d) Permanganato de potasio (KMnO₄)

Estos estudios se desarrollaron a escala, bajo condiciones de laboratorio, por un periodo de hasta 60 días, sin re-incorporación de material fresco al purín tratado.



Control	CaO 3%	NaOH 0,43%	H ₂ SO ₄ 0,08%	H ₂ SO ₄ 0,11%	H ₂ SO ₄ 0,14%	KMnO ₄ 1%	KMnO ₄ 2,5%
---------	-----------	---------------	---	---	---	-------------------------	---------------------------

Foto 4.1. Efecto de los tratamientos químicos sobre el purín a las 24 h post aplicación.

4.1 RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

La adición de cal resultó en la eliminación total instantánea (24 h) de la carga de coliformes totales (CT) presentes en el purín ($p \leq 0,05$) (Figura 4.1), mientras que los tratamientos ácidos sólo la redujeron parcialmente ($p > 0,05$) (Figura 4.2). Esto estuvo asociado al aumento de pH observado en los primeros tratamientos.

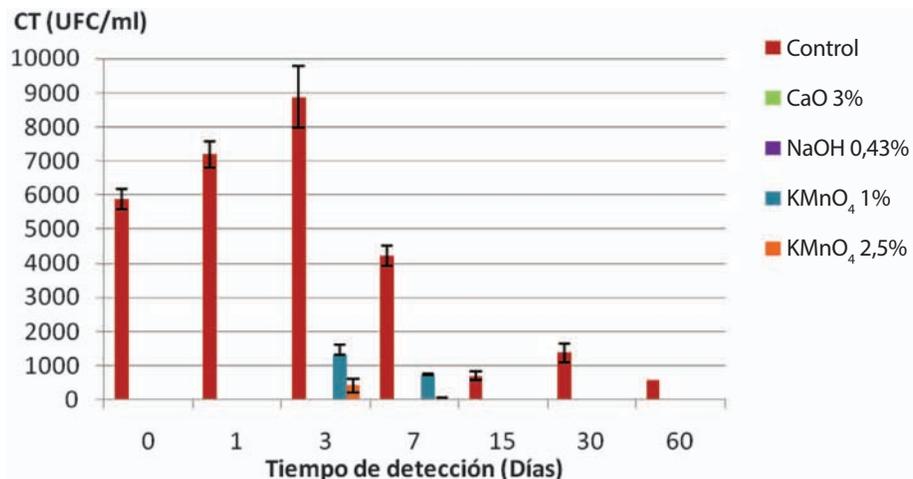


Figura 4.1. Promedio de la tasa de supervivencia de coliformes totales (CT) después de la aplicación de tratamientos alcalinizantes durante un periodo de 60 días.

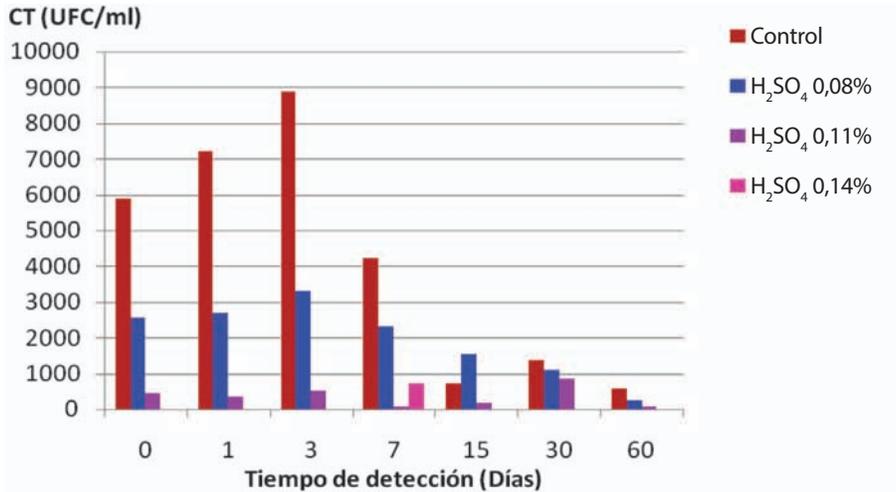


Figura 4.2. Promedio de la tasa de supervivencia de coliformes totales (CT) después de la aplicación de tratamientos acidificantes durante un periodo de 60 días.

Estos resultados sugieren que la adición de materiales alcalinizantes (CaO, NaOH) controla de manera efectiva en 24 h la carga de coliformes totales existentes naturalmente en el purín, dado que no existen rebotes posteriores.

4.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL PURÍN

4.2.1 Materia seca (MS)

El porcentaje inicial de MS de los purines en promedio fue de 2,3% y aumentó significativamente al día de la aplicación de los tratamientos alcalinos. Así, la aplicación de CaO al 3% hasta triplicó la MS del purín. La adición de tratamientos acidificantes sólo aumentó este parámetro levemente (rango 2,2–3,4%), en particular con las concentraciones más altas.

4.2.2 pH

El pH al agua inicial del purín fue de 6,9 aumentando con la adición de CaO a 12,6, valor que se mantuvo constante hasta el final del ensayo. Algo similar ocurrió con la adición de NaOH, sin embargo, a partir de las 24 h, el efecto de este tratamiento disminuyó, volviendo a un pH de 9 al final del ensayo. Al agregar KMnO₄ el pH sólo aumentó levemente (Figura 4.3).

Al agregar materiales ácidos, el pH del purín bajó hasta alcanzar en promedio a 3,2; 4,6 y 5,6, respectivamente, en los tres niveles evaluados (0,08, 0,11 y 0,14% de adición de ácido, respectivamente) en la primera evaluación. Posteriormente y hacia el final del ensayo, debido a la capacidad buffer del purín, el pH aumentó en 1 punto en cada tratamiento (Figura 4.4).

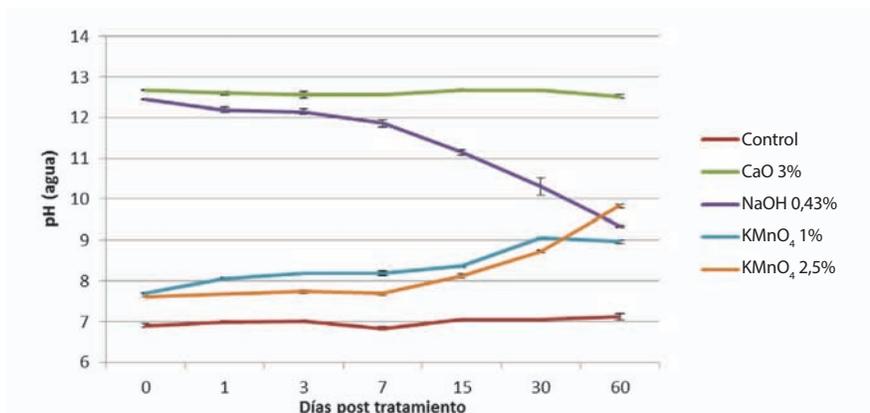


Figura 4.3. Valores promedios de pH para tratamientos alcalinizantes en un periodo de 60 días.

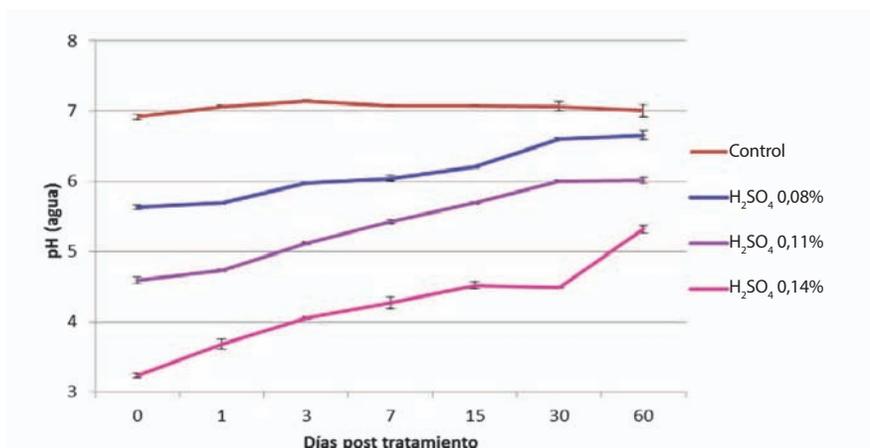


Figura 4.4. Valores promedios de pH para tratamientos acidificantes en un periodo de 60 días.

4.2.3 Nitrógeno (N)

El contenido de N total del tratamiento control disminuyó en el transcurso del ensayo observándose un promedio inicial de 4,2% y un promedio en la última

evaluación de 3,7%, como resultado de la volatilización del nitrógeno como amoníaco en el tiempo. Efectos similares a los cambios observados en el nitrógeno total mostraron los resultados obtenidos para N disponible ($N-NH_4^+$). La pérdida de N total y disponible fue mayor en los tratamientos alcalinizados, por lo que aunque efectivos desde el punto de vista de control microbiológico, la adición de materiales encalantes al purín, resulta en una disminución del contenido de N total y disponible en el material (Figuras 4.6 y 4.7).

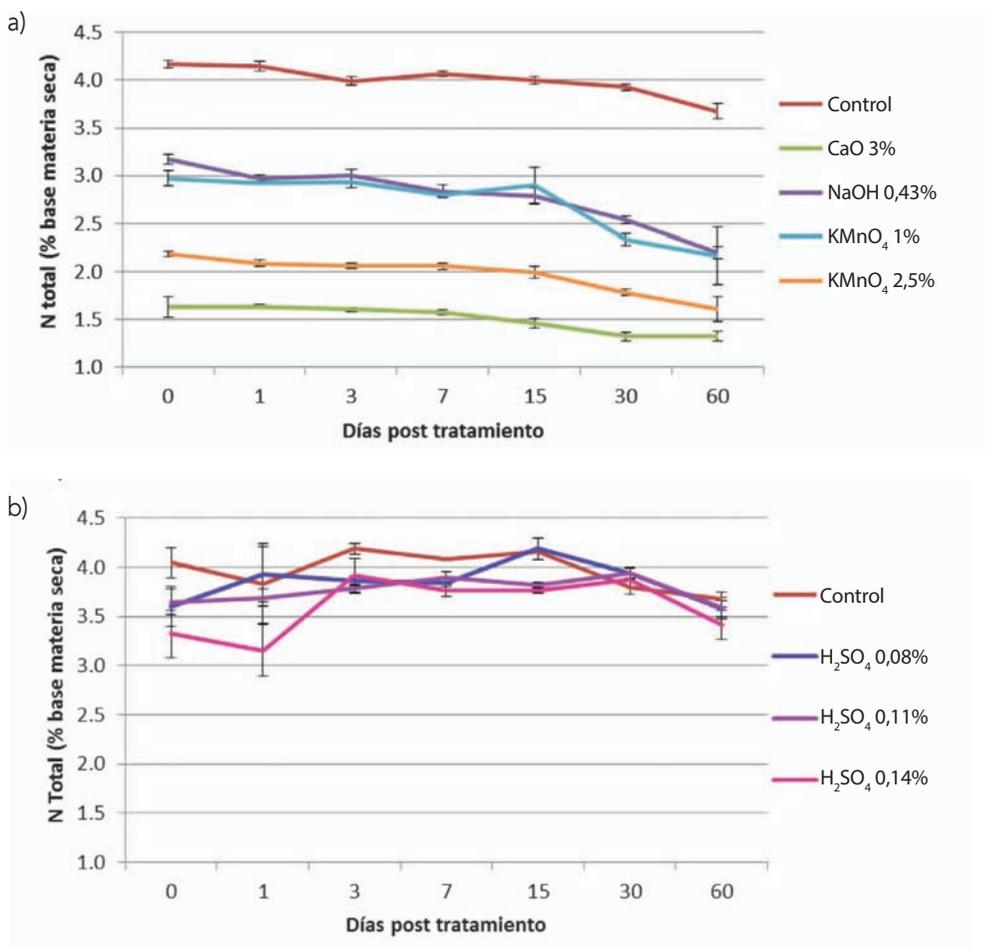


Figura 4.6. Cambios en el contenido de nitrógeno total (% base materia seca) del purín por adición de los tratamientos alcalinizantes (a) y acidificantes (b), en el tiempo.

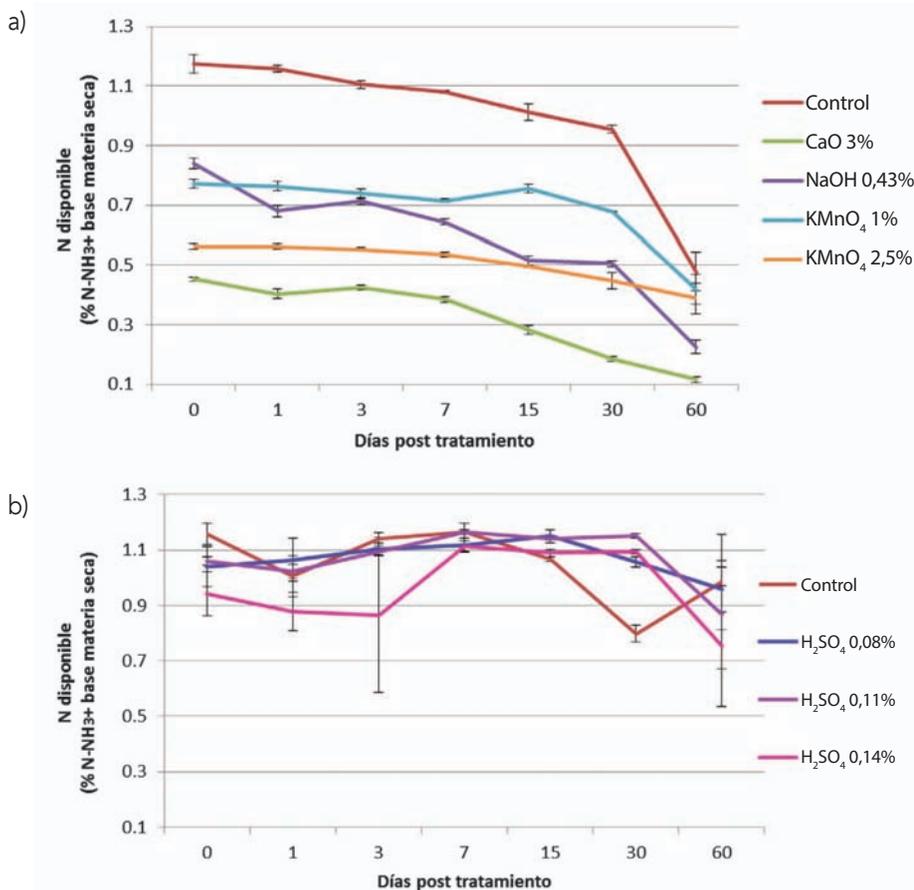


Figura 4.7. Cambios en el contenido de N disponible (% base materia seca) del purín por adición de los tratamientos alcalinizantes (a) y acidificantes (b), en el tiempo.

4.3. Análisis de costo efectividad

El análisis del costo relativo de los tratamientos, sugiere que la mayor diferencia de costo entre tratamientos se encuentra entre los distintos productos químicos. En particular los tratamientos con adición de KMnO_4 son más caros que aquellos basados en álcalis o ácidos (Figura 4.8). Esto puede estar asociado a que el material usado con fines experimentales corresponde a material adquirido como reactivo químico de mayor pureza. Es probable que de masificarse el uso de este producto, su costo unitario se reduzca.

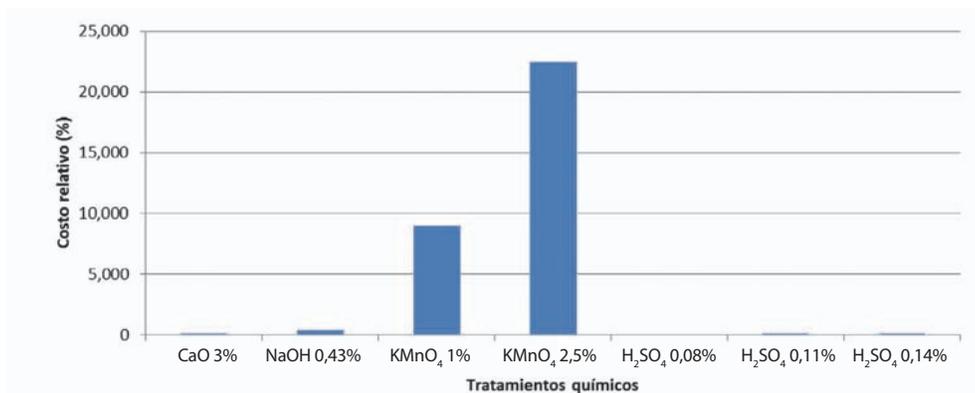


Figura 4.8. Valores relativos del costo de los tratamientos químicos (% en base a precios del óxido de calcio).

Con el objetivo de evaluar la conveniencia de cada sistema de tratamiento se confeccionó un gráfico radial con cinco parámetros a evaluar con ponderación de 1 a 7 cada uno, de manera tal que el sistema de tratamiento mejor evaluado, se verá representado por una mayor área en el gráfico. El propósito es entregar una proyección más realista que permita comparar entre sistemas de tratamiento, donde los parámetros establecidos son de difíciles cuantificación numérica. Las premisas consideradas en este análisis fueron:

<ul style="list-style-type: none"> Facilidad implementación 	: No requiere construcción de infraestructura.
<ul style="list-style-type: none"> Costo (conveniencia) 	: Costo cero de construcción, operación y mantención.
<ul style="list-style-type: none"> Reducción de patógenos 	: Eliminación del 100% de <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella</i> y <i>MAP</i> .
<ul style="list-style-type: none"> Cambios en el purín 	: Leves o fuertes cambios físicos y/o químicos.
<ul style="list-style-type: none"> Salud y Seguridad personas 	: No causa ningún riesgo a la salud y la seguridad de las personas.

La puntuación final obtenida (mediante una nota 1-7) para cada sistema de tratamiento es análoga al área total obtenida entre los cinco parámetros establecidos. De este modo, a mayor área, mayor puntuación, mayor eficiencia y conveniencia en su implementación (Figura 4.9).

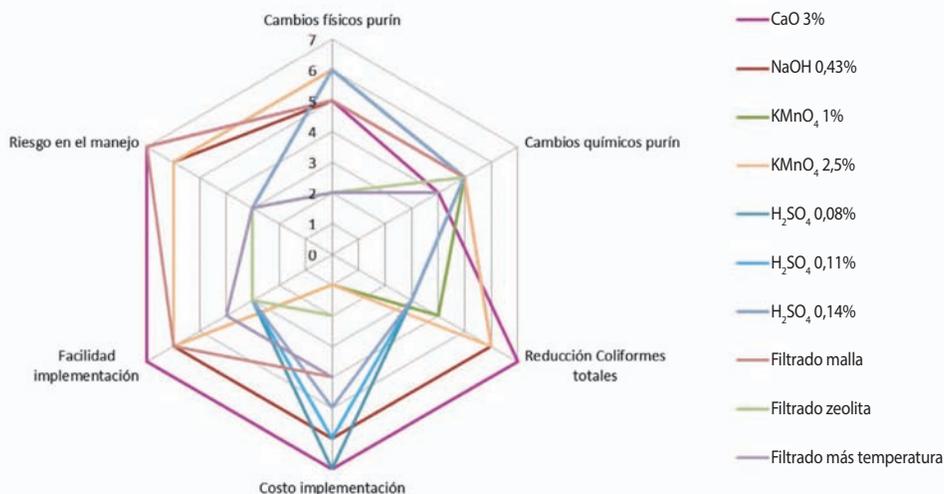


Figura 4.9. Costo-efectividad comparativa de aspectos técnicos y económicos de distintas alternativas de tratamiento para la reducción de patógenos de purines lechería. Escala de 1 a 7 corresponde a una ponderación con la siguiente equivalencia, 1: Pésimo/Nulo. 2: Muy malo/Deficiente. 3: Malo/Insuficiente. 4: Aceptable/Suficiente. 5: Bueno. 6: Muy bueno. 7: Excelente.

Los resultados de este análisis sugieren que los tratamientos en base a uso de álcalis (CaO, NaOH) son más convenientes que aquellos en base a otros productos químicos o tratamientos físicos. Esto se debe principalmente a su bajo costo, facilidad de implementación y alta efectividad en el control de coliformes totales. Aunque estos tratamientos aumentan el contenido de materia seca del purín y reducen su contenido de nitrógeno total disponible, desde la perspectiva de control de patógenos su mayor efectividad les otorga una clara ventaja por sobre los otros tratamientos evaluados. En particular el uso de CaO resulta de manera adicional en una reducción de hasta 2 log de la concentración de MAP en purines contaminados, lo que representa una reducción significativa de la concentración de este patógeno.

El tratamiento de separación física en base al uso de mallas ocupó el tercer lugar en este ranking, debido a su relativo bajo costo de implementación, aunque la generación de dos fracciones de purín (sólida y líquida), limitaría su adopción a sistemas productivos con facilidades climáticas (mayor temperatura, menor precipitación) y técnicas (disponibilidad de separadores).

CAPITULO 5

***Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis* (MAP) EN PURINES**

Miguel Salgado A., Med. Vet. M.Sc. Dr.Cs., Universidad Austral de Chile
Michael Collins, DVM, Ph.D., Universidad de Wisconsin-Madison, Estados Unidos

Una preocupación del uso de purines en suelos agrícolas y ganaderos se relaciona con la carga de agentes patógenos que el purín pueda contener, constituyendo un riesgo de salud pública y animal. La transmisión indirecta de un agente infeccioso puede efectuarse a través de la contaminación de las aguas superficiales, praderas, alimento, o siembras fertilizadas con purines que no han recibido un tratamiento eficiente previo. La presencia de vectores como insectos, roedores o pájaros, ayudan a la diseminación de los agentes infecciosos presentes en el purín a otros lugares. En el purín, donde el principal componente son las heces de ganado, se pueden encontrar diversos microorganismos, como bacterias, virus y parásitos (incluidos protozoos y helmintos) que podrían sobrevivir durante el manejo y almacenamiento del purín y constituir un riesgo para individuos susceptibles. Entre las bacterias presentes en el purín se destaca *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *Campylobacter jejuni* y *Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis* (MAP); mientras que dentro de los parásitos se pueden encontrar *Cryptosporidium parvum* y *Giardia spp.*

5.1. *Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis* (MAP)

Es el agente causal de la Paratuberculosis o Enfermedad de Johne. Este microorganismo es diseminado a través de la presencia y dispersión de heces de animales infectados (adultos) en el ambiente, que posteriormente son ingeridos por animales susceptibles, de menor edad. Tiene un periodo de incubación promedio en bovinos de aproximadamente 5 años, este tiempo está inversamente relacionado con la dosis de MAP ingerida. Mientras mayor es la carga ingerida, menor es el tiempo para la presentación de signos clínicos.

Esta infección afecta principalmente a rumiantes domésticos y de vida silvestre de todo el mundo, pero se ha informado también su aislamiento y detección en varias otras

especies, tales como equinos, camélidos sudamericanos, porcinos, caninos, liebres, zorros, primates no humanos y humanos. Sin embargo, sólo en conejos silvestres se ha informado infección activa y un rol en la epidemiología de la infección.

La primera descripción de la infección por MAP en Chile fue informada en 1958, y al igual que en los países con una industria láctea desarrollada, la infección por MAP se encuentra ampliamente distribuida en los rebaños bovinos, especialmente en el sur de Chile, donde están mayormente concentrados y donde las tasas de infección se han estimado altas, tanto a nivel individual como a nivel de rebaño. Por otro lado, este agente sería de importancia también en salud pública debido a que existiría una asociación con la Enfermedad de Crohn en el ser humano, aunque todavía existe controversia en este sentido ya que no se ha podido demostrar una causalidad directa.

5.1.1 Características bacteriológicas

MAP se define como un bacilo Gram positivo, ácido alcohol resistente que tiene una pared celular gruesa y rica en lípidos, particularmente ácidos micólicos, que le otorgan alta resistencia a diversas condiciones que pueden afectar su supervivencia. Todas las especies de *Mycobacterium*, a excepción de MAP, producen micobactina, un agente quelador de hierro. Debido a que el hierro es requerido para la replicación, MAP es considerado un patógeno obligado de las células mamíferas, donde el hierro se encuentra fácilmente disponible para el organismo y la micobactina no es necesaria.

Las características de su pared celular, su tendencia a formar grupos y el tener una actividad metabólica extremadamente baja, explicarían la gran resistencia de esta bacteria frente a condiciones ambientales adversas, pudiendo perdurar por más de un año en el medio ambiente. La presencia de genes de latencia, también permitiría explicar lo anterior tanto como su supervivencia en el medio intracelular. Otros investigadores han demostrado que MAP también podría resistir a ambientes con pH bajos, concentraciones altas de sal y a químicos como el cloro. Además, MAP podría sobrevivir por largos periodos de tiempo en los biofilms presentes en bebederos para animales. También se ha observado la presencia de esta bacteria en leche entera pasteurizada, de lo cual se infiere su capacidad de sobrevivir a altas temperaturas (72°C por 15 segundos), sólo si está presente en grandes cantidades en la leche cruda. También se ha observado que MAP es capaz de sobrevivir durante semanas en los protozoos que son por lo general bacterióvoros. Muchos de los estudios publicados sobre la interacción entre las micobacterias y protozoos han utilizado *M. avium* como modelo. Este

miembro del género *Mycobacterium*, que está muy estrechamente relacionada con MAP, podría sobrevivir la fagocitosis por *Tetrahymena piriformis* y especies de *Acanthamoeba*. A su vez, existen estudios que relacionan MAP con amebas ambientales, en donde se ha visto que el agente de la paratuberculosis es capaz de multiplicarse dentro de las vacuolas de protozoos y aumentar en número. También, se ha demostrado que MAP sobreviviría dentro de *Acanthamoeba spp.* (*A. castellanii* y *A. polyphaga*) y se ha hipotetizado que esta ubicación intracelular le otorgaría a la bacteria protección contra condiciones adversas del ambiente.

5.1.2 MAP en el ambiente

Luego de la salida de MAP desde el hospedador infectado a través de las heces, esta bacteria puede sobrevivir por largos períodos de tiempo en el medio ambiente contaminando diversas superficies tales como corrales de maternidad, camas, ubres, utensilios de alimentación o pastura que al contacto con la mucosa oral puede dar lugar a la ingestión de esta bacteria. Además, las vacas con paratuberculosis también pueden eliminar MAP directamente en la leche o calostro, por lo que el consumo de estos productos por terneros susceptibles también puede resultar en infección. La sobrevivencia de MAP, de forma viable, en heces puede variar entre 152 y 246 días en heces mantenidas al aire libre, por lo que las praderas pueden ser una importante fuente de infección, por lo menos durante un año. En términos de sobrevivencia, se ha demostrado que el pH del suelo y altas concentraciones de hierro en éste estarían relacionadas positivamente con la sobrevivencia de MAP en el medio ambiente, encontrándose así mayores tiempos de sobrevivencia en suelos secos y alcalinos.

5.1.3 Destino de MAP en purín bovino de lechería

En relación con el movimiento de MAP en el suelo agrícola, estudios realizados en Chile por investigadores de la Universidad Austral de Chile e INIA Remehue demuestran que posterior a la aplicación de purines contaminados con MAP, la bacteria tiende a permanecer en los estratos superiores del suelo y se mueve de forma lenta a través de él. Esto reafirma que la permanencia de la bacteria en la pradera y en las capas superficiales del suelo representa un claro riesgo relacionado a la infección por MAP en animales en pastoreo y una potencial contaminación hacia otros lugares a través de su escurrimiento en aguas superficiales. Posteriormente, los mismos autores con el fin de observar el movimiento superficial de esta bacteria en suelos con pendiente y en aguas de escurrimiento, demostraron que MAP se podría movilizar a través del agua de escurrimiento superficial luego de lluvias naturales en parcelas que recibieron purín contaminado con MAP, detectando su

presencia hasta 106 días post inicio del estudio, además de detectar la presencia de esta bacteria en muestras de suelo hasta por 100 días.

5.1.4 Estrategias de tratamiento de la carga de MAP

Con respecto a la sobrevivencia de MAP en purín, se sabe que bajo condiciones anaeróbicas, este podría sobrevivir por 252 y 98 días en purín bovino almacenado a 5°C y 15°C, respectivamente. Otros estudios sugieren que durante digestión anaeróbica de estiércol bovino de lechería en plantas de biogas bajo condiciones mesofílicas (35°C) y termofílicas (53 a 55°), MAP podía ser aislado hasta 21 días y menos de 24 horas, respectivamente. Así, a temperaturas de 55°C se logra disminuir la persistencia de MAP después de 3 días de tratamiento. Los mismos autores, demostraron que se requieren al menos 175 días de acopio de purín, para reducir de forma significativa la concentración de la bacteria presente. Más recientemente, otro estudio realizado en una planta de biogas, mostró que MAP podría ser totalmente controlado bajo un estricto proceso de fermentación. Sin embargo, se encontró ADN de MAP en muestras de todas las estaciones de la planta por al menos 16 meses desde la apertura.

La práctica de estos tratamientos sobre purines y otros desechos es imprescindible para muchos sistemas productivos en todo el mundo. Estos procedimientos presentan ciertas dificultades al querer integrarlos a los sistemas agropecuarios en Chile, y principalmente a la producción lechera bovina. Esto se debe en primer lugar, a que los purines son manejados en forma líquida, lo cual dificulta considerablemente la práctica del sistema de compostaje de estos residuos, si no se invierte en un sistema de secado para obtener un material sólido. En segundo lugar, la digestión anaeróbica puede incurrir en elevados costos asociados principalmente a la compra e instalación de biodigestores, lo que puede representar un obstáculo en su aplicación para muchos productores lecheros.

5.1.5 Efecto de tratamientos químicos

Existe una gran gama de alternativas en cuanto al uso de tratamientos químicos en desechos de la producción animal, existiendo una gran variedad de compuestos químicos que se han utilizado en distintas sustancias como agua, con el objetivo de disminuir la carga de patógenos perjudiciales y hacer a estas sustancias más inocuas para la salud humana y animal. Entre estos compuestos se encuentran el KMnO_4 , que puede oxidar compuestos orgánicos a través diferentes vías de reacción. La ruta de reacción que se produce de manera significativa depende de la estructura de los sustratos y la acidez de las soluciones. Se ha descrito que el

usar permanganato de potasio como tratamiento químico en una concentración de 10 mg por litro de KMnO_4 resulta en lisis celular total de cianobacterias, no encontrándose células íntegras después de 6 horas de exposición.

Existen también los desinfectantes alcalinos, que actúan generando la denaturación de las proteínas estructurales de los microorganismos. La adicción de compuestos alcalinos en el purín podría liberar también NH_3 , que es considerado como otro método de desinfección asociado con el alto pH en el purín. Este gas es tóxico para humanos, animales, plantas y microorganismos, y se ha propuesto que el tratamiento del purín y otros compuestos orgánicos basados en NH_3 podrían inactivar ciertos virus, bacterias y parásitos. Este gas podría afectar la persistencia de MAP en el purín, por la acción conjunta con los compuestos alcalinos. Sin embargo, por otra parte la pérdida de nitrógeno por la volatilización del amoníaco implicaría una reducción del valor nutritivo disponible del purín para las praderas y cultivos, y un potencial impacto en el medio ambiente en general.

La utilización de compuestos en base a cal han sido largamente empleados como neutralizadores de pH en suelos ácidos, también poseen la capacidad de inactivar diversos virus y bacterias presentes en la materia orgánica. Aditivos químicos conocidos en base a cal, son el óxido de calcio (CaO) y su derivado el hidróxido de calcio (Ca(OH)_2), los cuales presentan ventajas en cuanto a su uso en purines, debido principalmente a que demuestran ser solubles en agua, son de fácil manejo y bajo costo en relación a otras técnicas de tratamiento de desechos orgánicos. Además, logran reducir la emanación de algunos gases causantes de malos olores. El CaO es un compuesto inestable que reacciona con las moléculas de agua liberando energía calórica (reacción exotérmica) y en esta interacción se conduciría a la formación de Ca(OH)_2 , que tiene una eficacia demostrada en el control de poblaciones bacterianas que están presentes en el purín de aves. Por lo tanto, esto podría explicar que el uso de CaO aseguraría una mayor eficiencia en la reducción de MAP presente en el purín, porque se elevaría la temperatura del sustrato debido a la reacción exotérmica además de elevar el pH del material a niveles altamente alcalinos.

En nuestro país, no existe por el momento un sistema de tratamiento de purines que entregue a los productores lecheros la alternativa de utilizar un método seguro para controlar la diseminación de agentes infecciosos de transmisión fecal-oral como MAP en rumiantes domésticos dentro de los rebaños. Al mismo tiempo, se deben considerar aspectos prácticos en la aplicación de dichos tratamientos en

los sistemas productivos lecheros. Es decir, poder asociarlo al sistema actual de almacenamiento de purines en forma líquida, reunir las condiciones económicas para su puesta en marcha y permitir seguir utilizando los beneficios de la aplicación de purines como fertilizantes orgánicos sobre los suelos cultivables.

Estudios realizados en la Región de Los Lagos, mostraron que en los tratamientos en base a cal se aumentó el pH de la suspensión de 7 a 12 (en agua), lo que dio lugar a una reducción de la supervivencia de MAP, aunque tomó 72 h para producir una reducción significativa o eliminación de MAP en la suspensión. Se encontraron diferencias altamente significativas ($p = 0,0001$) entre los tratamientos con respecto a la viabilidad de MAP, siendo los tratamientos más efectivos KMnO_4 al 2,5% y CaO al 3% versus el tratamiento control. El tratamiento con 2,5% KMnO_4 eliminó completamente MAP viable inmediatamente después del tratamiento. En el caso de CaO 3%, sólo disminuyó significativamente el organismo viable a las 24 y 48 h ($p < 0,05$), sin embargo, a 72 h se registró la completa eliminación de este organismo. Los tratamientos ácidos no afectaron la supervivencia MAP.

En condiciones experimentales, este estudio sugiere métodos prácticos para controlar MAP en purín. Tanto la cal como el KMnO_4 , que son potentes agentes oxidantes, han sido eficaces en las concentraciones utilizadas. Esta información debe ser considerada además para futuros planes de manejo para el control de la infección por MAP en las poblaciones de animales susceptibles y podría ser considerado como una buena práctica de manejo para reducir los patógenos en purines en lecherías.

CAPITULO 6

ROL DE LAS FRANJAS RIBEREÑAS PARA EL CONTROL DE PATÓGENOS Y CONTAMINACIÓN DIFUSA

Jaime G. Cuevas, Licenciado en Ciencias, Dr., INIA-Los Ríos
Jenny Huertas D., Ingeniera Ambiental, M.Sc., Universidad Austral de Chile
Alfredo Torres B., Ingeniero Agrónomo, M. Sc., INIA-Remehue

6.1 INTRODUCCIÓN

La vegetación ribereña es aquella que ocupa las riberas de los ríos, en ocasiones extendiéndose hasta las planicies de inundación adyacentes a los cursos de agua. Este tipo de vegetación se presenta frecuentemente en la Depresión Intermedia del sur de Chile. Está dominada por especies de árboles típicos como son el temo (o temu), el canelo y la pitra, conformando un tipo de comunidad conocida localmente como hualve o bosque pantanoso (Figura 6.1).

La vegetación ribereña se presenta en forma de largas franjas paralelas a los cursos de agua, y su persistencia se explica por la inundación estacional que experimenta en otoño, invierno y parte de la primavera. Este fenómeno la convierte en terreno marginal para las actividades agrícolas directas, el cual puede tener, sin embargo, importantes aplicaciones indirectas en el ámbito silvoagropecuario.

6.2 IMPORTANCIA DE LA VEGETACIÓN RIBEREÑA

Estudios internacionales han demostrado el papel de este tipo de vegetación como un amortiguador de las influencias que provienen desde zonas extra ribereñas, dominadas por actividades agropecuarias, forestales, industriales y asentamientos humanos. Se considera que estas franjas ribereñas están implicadas en el control de los caudales, evitando que ellos aumenten fuertemente tras lluvias intensas, o que disminuyan drásticamente en verano, en comparación a lugares donde no existe este tipo de cobertura vegetal. Por otro lado están implicadas en la retención de sedimentos y nutrientes que de



Figura 6.1. Ejemplo de bosque ribereño delimitando un curso de agua en la Región de Los Ríos.

otra forma generarían una mayor turbidez en el agua de los arroyos. Las franjas ribereñas también sirven como reguladores de la temperatura de los cursos de agua, creando las condiciones propicias para las poblaciones de peces, crustáceos e insectos acuáticos. Diversas especies de aves, mamíferos y anfibios hacen uso de los corredores ribereños que aún persisten, proveyendo hábitat y conectividad para poblaciones de animales dispersas.

Asimismo, las franjas ribereñas están asociadas a un efecto filtro sobre los patógenos microbianos. Dichos resultados provienen exclusivamente de investigaciones realizadas en el extranjero, no habiendo sido validadas para nuestro país. Según dichos antecedentes, se produce una disminución en la cantidad de coliformes totales y fecales a medida que el agua fluye bajo la superficie del suelo hacia los arroyos, tanto en la zona no saturada de agua, así como en la zona saturada correspondiente a la napa subterránea. No se ha observado un efecto filtro para el agua que fluye superficialmente por los campos de pastoreo o a través de los bosques ribereños.

6.3 EFECTOS DE LA VEGETACIÓN RIBEREÑA EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS

6.3.1 Aguas superficiales

Recientemente se ha demostrado en nuestro país que existe una relación inversa entre el ancho de la vegetación ribereña y los niveles de nitrógeno total, nitrógeno inorgánico disuelto y nitrato en el agua de los arroyos. Es decir, a mayor ancho de vegetación ribereña, menores son las concentraciones de estos elementos en los cursos de agua. Estos resultados tienen importancia debido a que permiten mantener los nutrientes en el ambiente terrestre, evitando que se pierdan hacia los arroyos, en donde podrían ocasionar una sobrecarga de nutrientes conocida como eutroficación. En cuanto a la retención de sedimentos, también se ha demostrado que la vegetación ribereña actúa como filtro y hace menos necesaria la adopción de medidas para depurar el agua superficial, disminuyendo los costos de tratamiento de aguas para consumo humano. Por otro lado, no se ha encontrado un efecto amortiguador sobre el fosfato, probablemente debido a la alta fijación de este nutriente en los suelos volcánicos. En un estudio realizado en la Región de Los Ríos los valores de calidad de agua resultantes han estado muy por debajo de los niveles máximos permitidos por las Normas Chilenas 409 y 1333.

El ancho de vegetación ribereña que permite cumplir con estas funciones es de al menos 36 m a cada lado de la ribera. Éste es el único antecedente cuantitativo con que se cuenta para Chile, al no existir aún estudios publicados que apoyen las regulaciones legales que prescriben un ancho máximo a proteger de 30 m (ver sección 6.5). Para la contaminación por bacterias, los antecedentes internacionales muestran que franjas de 10 m de ancho pueden reducir la cantidad de coliformes fecales en la escorrentía superficial hasta en un 70%. Sin embargo, aun así no logran mantener la calidad del agua dentro de los estándares, sugiriendo que se requirieran anchos mayores.

6.3.2 Aguas subterráneas

En el último tiempo se ha comprobado que los ambientes ribereños del sur de Chile también ejercen su efecto depurador cuando el agua subterránea (agua freática) se mueve a través del suelo. El nitrato decrece claramente en una secuencia desde la zona de praderas, donde se ejerce la mayor parte de la actividad agropecuaria, hasta la zona de planicie de inundación adyacente a los cursos de agua. A la inversa, otros nutrientes principales como son el nitrógeno amoniacal, el potasio y

el calcio tienden a aumentar en la misma secuencia. El fosfato tiene una tendencia débil de aumento, con bajo o nulo efecto de la vegetación ribereña. Un resultado importante es que los mayores niveles de algunos de los nutrientes en la planicie de inundación no impactan en la calidad del agua de los arroyos, ya que éstos poseen concentraciones mucho menores.

Existe una mayor acumulación de nutrientes en las aguas freáticas de las planicies de inundación, que se corresponde con las mayores acumulaciones de nutrientes en los suelos de estas, lo que destaca la relevancia del recurso suelo como un agente de retención de elementos, siendo parte integral del ecosistema de bosque, más allá de lo que suele considerarse como tal (los árboles).

Antecedentes de la literatura internacional muestran que franjas ribereñas que tienen una mayor proporción de bosque (Ej., 10 m de pradera + 20 m bosque), tienen un mejor desempeño como filtro de patógenos que aquéllas con mayor proporción de pradera (Ej., 20 m pradera + 10 m de bosque). Además, la carga bacteriana a 30 m del punto de aplicación de agua con coliformes fue menor que aquélla a 5-10 m de la fuente, siendo 30 m la mayor distancia a la que se ha evaluado este efecto filtro.

6.3.3 Uso de purines y aguas subterráneas

Una práctica común en el sur de Chile es la aplicación de purines a las praderas como fertilizante orgánico. Una correcta dosificación de los purines con BPG para su uso es compatible con la mantención de la calidad del recurso hídrico subterráneo. Eso sí, es importante destacar que el uso de purines en un mismo potrero en años sucesivos, y en especial con altas dosis, puede incrementar el contenido de algunos nutrientes con un riesgo potencial de pérdidas hacia cursos de agua.

La carga de patógenos aplicada al suelo puede ser neutralizada independiente del filtro que ejerce la vegetación ribereña, si condiciones tales como alta temperatura, luz solar, baja humedad entre otros, provocan la mortalidad de los patógenos típicamente adaptados a la vida como parásitos dentro de los animales. Adicionalmente, el efecto del suelo debe ser considerado, ya que existen antecedentes que la carga de patógenos declina con el aumento en profundidad, debido a procesos de adsorción química y física.

6.4 ACCESO DEL GANADO A LOS CURSOS DE AGUA

Es importante evitar el acceso directo de los animales a ríos y arroyos para que obtengan agua de bebida. Existen algunas iniciativas pertinentes como el programa PABCO del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Este programa proporciona garantías a la producción animal. Dado que existen cursos de agua que fluyen en sectores donde la vegetación nativa ha sido deteriorada, deja de existir el efecto filtro antes señalado, lo cual puede significar que el agua proveniente de arroyos, ríos, esteros, norias, etc., no cumpla con las normas Chilenas relativas a calidad de agua. De esto se desprende la conveniencia de que el ganado no padezca cerca de los cursos de agua o que al menos tengan cercos ribereños que impidan el acceso a las aguas que pasan por estos predios. Naturalmente que esto no evitará que haya contaminación por las deposiciones de los animales si el terreno es inundable y a corta distancia de los arroyos.

6.5 CONSERVACIÓN DE FRANJAS RIBEREÑAS

El estado de conservación de la vegetación ribereña en Chile es variable, encontrándose casos donde ha sido completamente removida de las riberas de los ríos para habilitar zonas agrícolas, pasando por situaciones donde se extiende al menos por cinco metros a cada lado de las riberas, hasta escasos ejemplos donde puede alcanzar decenas de metros de ancho.

El uso que se hace de estas franjas es marginal. La ley chilena prohíbe cualquier actividad de manejo 5-10 m a cada lado de la ribera, y sólo permite un manejo limitado en los siguientes 10-20 m (Reglamento de Suelos, Aguas y Humedales, Ley 20.283). Sin embargo, persisten actividades como extracción de leña, habilitación de sendas para desplazamiento del ganado hacia el agua, habilitación de cultivos y en algunos casos ramoneo por el mismo ganado. Este uso limitado hace que estas franjas aún puedan persistir. En particular, existen algunas franjas ribereñas ubicadas desde las Regiones de La Araucanía hacia el sur, que están bien conservadas en términos de vegetación, en contraste con sus homólogas de más al norte, donde debido a factores climáticos y de presión de uso ya no existen, o han sido transformadas en flora exótica al país.

La vegetación ribereña constituye un recurso con un potencial de servicios ambientales que aún no ha sido plenamente reconocido ni valorado en nuestro país, siendo relevante para mitigar los potenciales efectos ambientales adversos que pueda tener la actividad agrícola hacia el medio ambiente.

