

Manual para la gestión ambiental de tambos

Montevideo, Julio 2016



Montevideo, 2016

Autores: Ing. Qco. Carlos Correa, Ing. H/A Nicolás Rezzano Msc, Ing. Qco. Fernanda García MBA

Coordinación por LATU: Ing. Qco. Carlos Saizar Msc, Ing. Qco. Mariela De Giuda MBA, Ing. Agr. Daniel Pippolo MBA

Coordinación por DINAMA: Ing. Qco. Juan P Peregalli, Dra. Mercedes Apa, Ing. Qco. Verónica González, Ing. Qco. María José de Campo, Ing. Qco. Silvana Martínez, Ing. Agr. Carolina Miranda, Ing. Agr. Karina Gíles, Ing. Civil H/A Daniel Vignale, Técnica María José Alegrette

ISBN: 978-9974-658-24-0

Diseño y armado: Taller de comunicación

Primera edición

Proyecto: Convenio entre el Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) y la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP) “Programa Mejora de la gestión integral en tambos de la Cuenca Norte, como determinante de la calidad de la leche”, de fecha 15 de diciembre de 2011, y del CONVENIO específico entre OPP y la DINAMA, “Mejora del desempeño ambiental de tambos”, de fecha 21 de noviembre de 2012, y su modificación de fecha 11 de noviembre de 2014.

En el marco de este convenio DINAMA contrató los servicios del Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) para el desarrollo del contenido técnico del presente documento.

Contenido

Introducción	5
Gestión del agua en el establecimiento lechero	7
1.1 Manejo y protección de fuentes de agua superficial y subterránea.....	7
1.2 Uso racional del agua	11
1.3 Cantidad de agua de acuerdo a los usos	13
1.4. Calidad del agua utilizada en sala de ordeño y metodologías de potabilización.....	15
Diseño de sistemas de gestión de efluentes	18
2.1. Consideraciones para el diseño	19
2.2. Descripción de las unidades de gestión de efluentes	24
2.3. Aplicación al terreno.....	35
2.4. Balance de nutrientes (nitrógeno y fósforo)	37
2.5. Sistema de distribución	40
Operación y mantenimiento de los sistemas de gestión de efluentes	46
3.1. Operativa de la planta de tratamiento.....	46
3.2. Mantenimiento de la planta de tratamiento	47
Alternativas para la gestión de los residuos sólidos	49
4.1. Listado de residuos.....	50
4.2. Gestión de los residuos listados	52
Manejo eficiente del consumo de energía	65
5.1. Consumo de energía en el tambo	65
5.2. Propuestas de mejora por proceso.....	66
Manejo de sustancias químicas en el tambo.....	69
6.1. Manejo de sustancias químicas en el tambo	69
6.2. Elección de productos.....	69
6.3. Transporte al predio	69
6.4. Almacenaje seguro en el predio	70
6.5. Manipulación de sustancias químicas.....	70
6.6. Eliminación de envases vacíos.....	71
6.7. Elementos de Protección Personal (EPP)	71
Indicadores de gestión ambiental	73
7.1. Introducción	73
7.2. Definición de indicadores.....	73

7.3. Lista de chequeo	76
Marco Normativo	77
Marco legal vigente	77
8.1. Gestión del Agua en el Establecimiento	77
8.2. Gestión de efluentes líquidos	77
8.3. Gestión de residuos sólidos.	77
8.4. Manejo de sustancias químicas	78
8.5. Cuenca Santa Lucía	78
Bibliografía	80
Glosario.....	82

Introducción

Este documento fue elaborado bajo la responsabilidad y dirección de la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA). Surge en el marco del convenio interinstitucional con la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP) “Programa Mejora de la gestión integral en tambos de la Cuenca Norte, como determinante de la calidad de la leche”, del 15 de diciembre de 2011, y del convenio específico entre OPP y la DINAMA, “Mejora del desempeño ambiental de tambos”, del 21 de noviembre de 2012, y su modificación del 11 de noviembre de 2014. Es bajo el marco de este convenio que para el desarrollo del contenido técnico del presente documento, DINAMA contrató los servicios del Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU).

Durante el proceso de elaboración del manual se convocó a las instituciones relacionadas a la temática para recabar opiniones y para la validación del mismo. Es así que durante el proceso de elaboración y previo a su aprobación participaron las siguientes instituciones MGAP – RENARE, UDELAR – Facultad de Agronomía, INALE, CONAPROLE, ANPL, LATU y OPP.

En los últimos tiempos se ha hecho evidente que los procesos de intensificación y concentración de la producción que no contemplan los aspectos ambientales pueden desencadenar una serie de externalidades negativas. Esto se complementa con mayores presiones nacionales e internacionales para el cumplimiento de normativas y nuevas exigencias del mercado definidas por las grandes cadenas de suministro y los consumidores en general. Esto ha llevado a la necesidad de producir en un entorno de mayor calidad de vida para las personas, preservando el ambiente y asegurando la calidad e inocuidad de los alimentos desde su origen.

En este marco, el presente manual ha sido elaborado con el fin de orientar y poner al alcance de productores, extensionistas y demás actores involucrados en la producción lechera, una serie de prácticas obligatorias, otras voluntarias, así como recomendaciones y/o opciones tecnológicas con el objetivo de prevenir impactos ambientales adversos en los recursos naturales y revalorizar agrónomicamente el efluente y los residuos orgánicos generados.

Esta publicación puede y debe ser complementada con otras futuras, en las que se profundice en aspectos tecnológicos o de otro origen que

permitan una mejor implementación de medidas que contribuyan a un desarrollo sostenible.

A los efectos de implementar las prácticas de gestión ambiental propuestas en este documento, se entiende pertinente la interacción entre los diferentes actores vinculados a la actividad, fundamentalmente el productor y los técnicos competentes en esta materia.

El contenido planteado en este manual es de aplicación para cualquier tambo, independientemente de su tamaño y tipo de producción.

Gestión del agua en el establecimiento lechero

1

La gestión del agua en los establecimientos lecheros tiene como objetivo proteger los cuerpos de agua subterráneos y superficiales de forma de no afectar su calidad por procesos de contaminación, o su disponibilidad (cantidad) por procesos de extracción.

En estos establecimientos los principales riesgos asociados a la calidad de las aguas se refieren a la contaminación debida a un manejo no adecuado del estiércol y de los efluentes del tambo y de las viviendas, así como la contaminación debida al incorrecto manejo de fertilizantes, plaguicidas y de sus envases vacíos.

El adecuado manejo del agua es relevante debido a que el recurso agua dulce no es ilimitado.

1.1 Manejo y protección de fuentes de agua superficial y subterránea

Los factores clave para evitar la contaminación de los cuerpos de agua subterráneos y superficiales son la adecuada gestión de las emisiones sólidas y líquidas del tambo y la correcta localización de las distintas actividades del establecimiento respecto a los cuerpos de agua.

El uso no racional de fertilizantes también conduce fundamentalmente al enriquecimiento de los cuerpos de agua con nutrientes (nitrógeno y fósforo), pudiendo ocasionar episodios de eutrofización en las aguas superficiales (foto 1). Este fenómeno implica el crecimiento explosivo de algas en el curso, que dan lugar a color y sabor en él, la generación de toxinas asociadas y el consumo de oxígeno disuelto del curso al cumplir las algas su ciclo vital.

En las aguas superficiales la eutrofización se evidencia cuando se observan altos niveles de nitrato, compuesto que en exceso causa perjuicios sobre la salud animal y humana. Entre los principales impactos relativos al manejo no adecuado del estiércol, efluentes del tambo y de las viviendas, fertilizantes y biocidas, se pueden señalar:

- Contaminación orgánica de cuerpos de agua superficiales debida al manejo inadecuado de efluentes y estiércol, con la consiguiente disminución de oxígeno disuelto.
- Contaminación eutrófica por compuestos de fósforo y nitrógeno en cuerpos de agua, debida al incorrecto manejo del estiércol, efluentes y fertilizantes.
- Contaminación patógena de agua superficial y subterránea debida al incorrecto manejo de estiércol y efluentes.
- Contaminación tóxica de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos debida al incorrecto manejo de biocidas.



1. Curso eutrofizado

■ Se debe:

- * Cumplir con los requisitos establecidos en la Ley N° 14.859 “Código de Aguas” en lo que respecta a la gestión del agua.
- * Cumplir con el Decreto 253/79 en lo que respecta a 1) estándares de vertido y 2) no alterar la calidad del cuerpo de agua de forma de modificar su clase o aptitud para el uso previsto.
- * Colectar y conducir en su totalidad las aguas generadas en los comederos, salas, corrales y áreas donde se generen aguas “sucias” para su gestión, con el fin de evitar el vertido directo al terreno sin control.
- * Ubicar las instalaciones del establecimiento, comederos y sistema de gestión de efluentes en una zona no inundable, considerando

la línea de crecida correspondiente a una tormenta con período de retorno de 50 años.

- * Contar con un sistema para almacenar/tratar el efluente, con el fin de evitar verterlo en situaciones en las cuales no es conveniente (lluvias, fallas en sistema de riego, ni cuando el suelo se encuentre a capacidad de campo, donde de realizar la aplicación es más probable el escurrimiento hacia los cuerpos de agua cercanos.
- * Aplicar el efluente a una tasa que no supere la tasa de infiltración del suelo y cuando éste se encuentre con un contenido de agua menor a la capacidad de campo.
- * Impermeabilizar las lagunas de tratamiento o almacenamiento (arcilla compactada espesor 30cm y conductividad hidráulica $1e-7$ cm/s, geo membrana PEAD o losa de hormigón).
- * Prever sistemas de separación de aguas pluviales no contaminadas con el objetivo de desviar estas aguas fuera del sistema de gestión de efluentes.
- * Apilar el estiércol fresco en superficies impermeables que conduzcan el lixiviado hacia el sistema de almacenamiento/tratamiento de efluentes.
- * No realizar aplicaciones de efluente al terreno en sitios de recarga de acuíferos.
- * Determinar el área de aplicación de efluentes y sólidos (estiércol) en función de los resultados de los balances hídricos y de nutrientes (ver capítulo 2: Diseño de sistema de gestión de efluentes).
- * Construir los pozos para captación de agua subterránea de acuerdo a lo previsto en el Decreto 86/004. Las perforaciones deben contar con terminación en superficie de losa y el encamisado (revestimiento) del pozo, según se evidencia en foto 2. Se debe cumplir con la distancia mínima de 50 m desde la zona de infiltración de efluentes a la perforación o cuerpo de agua, según lo establecido en el Decreto 253/79.
- * Mantener el monte indígena de acuerdo a lo establecido en la Ley N° 15.939 “Ley Forestal” (art. 24).



2. Pozo bien construido

- * Disponer el efluente en suelos donde el valor de Fósforo Bray (P Bray) no supere las 31 ppm. Superar este valor crítico implica un riesgo ambiental por la llegada de este nutriente a aguas superficiales, ya sea en forma particulada (erosión) como soluble (medida 3 Plan de Acción de la Cuenca de Río Santa Lucía y R.M. 1479/2013).
- * Mantener una zona de amortiguación donde no se modifique el tapiz vegetal, no se realice laboreo de la tierra o se apliquen agroquímicos. En el caso de la cuenca del Río Santa Lucía (RM N° 229/015) se limita esta distancia entre 35 y 100 m (dependiendo del curso de agua y del tramo de este).

■ Se recomienda:

- * No realizar vertido a cuerpos de agua, dado que el nivel de exigencia de la normativa para esta forma de disposición requiere un sistema de remoción de contaminantes (materia orgánica, sólidos, nutrientes) de mayor eficiencia y complejidad que los sistemas de tratamiento tradicionalmente empleados en tambos. De no existir alternativa a esta forma de disposición los sistemas de tratamiento habitualmente utilizados, se deben complementar con unidades de tratamiento adicionales para cumplir con los estándares de vertido. Limitar la distancia del nivel freático al fondo de las lagunas a un valor mínimo de 3 m.

- * Ubicar la perforación aguas arriba y a una distancia mayor a 50 m de una potencial fuente de contaminación (zona de aplicación de efluente, zona de almacenamiento de estiércol, corrales, sala, comederos, laguna de tratamiento/almacenamiento, pozo negro, etc.), en una zona no anegable.

1.2 Uso racional del agua

Dado que uno de los principales insumos en el proceso de producción de la leche es el agua, es necesario gestionarla adecuadamente para contar con este recurso en cantidad y calidad en función de los distintos usos del establecimiento. El consumo medio de agua en todos los usos en los establecimientos lecheros, incluyendo el abrevado de ganado, es de aproximadamente 100 L/vaca/día; el máximo es de 150 L/vaca/día y el mínimo de 75 L/vaca/día. (Fuente: Elaboración propia)

■ Se debe:

- * Cumplir con la Ley N° 14859 “Código de Aguas”.
- * Cumplir con la Ley N° 15239 “Uso y conservación de los suelos y de las aguas”.
- * Recolectar el agua pluvial recogida en los techos del establecimiento evitando su ingreso al sistema de tratamiento de efluentes, con el objetivo de no diluir efluente con aguas no contaminadas (Decreto 253/79 art. 11).
- * Registrar la perforación para la captación de agua subterránea de acuerdo a lo establecido en la Ley N° 14.859 “Código de Aguas”.
- * Utilizar agua potable en el lavado de zonas limpias, cumpliendo lo establecido por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP).
- * Instalar un caudalímetro a la salida de la perforación (o de la toma de agua), en la tubería de impulsión, hacia el tanque de almacenamiento de la misma agua.

■ Se recomienda:

- * No utilizar el efluente directo para el lavado de zonas sucias debido a la alta carga de sólidos y materia orgánica que posee.



3. Palón de barrido en seco

- * La recolección del agua pluvial de techos para su uso en el lavado de zonas sucias. El beneficio de almacenamiento de pluviales se puede cuantificar en un ahorro de $1\text{m}^3/\text{m}^2$ de área de aporte de techos por año (en base a lluvias medias anuales de 1000 mm).
- * Realizar un barrido previo a la limpieza de los pisos, con lo cual se logra disminuir alrededor de un 50% el consumo de agua en el lavado. El elemento normalmente usado para esta tarea puede observarse en la foto 3.
- * Cumplir las buenas prácticas de manejo del rodeo que tienden a minimizar las deyecciones en la planchada de espera: arrear al ganado en el rodeo a paso normal, de forma de permitir las deyecciones en el campo y detener 5 a 10 minutos el ganado previo a la entrada al corral.

- * Ordeñar en lotes, de manera tal de minimizar el tiempo de espera en la explanada del ganado, bajando en forma notoria la cantidad de estiércol recogido en la misma.
- * Humedecer el piso de la planchada de espera antes de que ingrese el ganado, a los efectos de minimizar la adherencia del material al piso y simplificar el lavado, bajando la cantidad de agua usada para la tarea.
- * Reutilizar el agua de enfriamiento de leche, ya que la misma mantiene su calidad original, debido a que no tiene contacto con ningún tipo de producto.
- * Aprovechar el almacenamiento temporal del enjuague final del tanque de enfriamiento para ser usado como enjuague inicial del lavado siguiente del equipo.
- * Generar un circuito cerrado en el cual el agua de salida del intercambiador se dirija a un tanque pulmón o directamente hacia el tanque elevado.

1.3 Cantidad de agua de acuerdo a los usos

1.3.1. Limpieza

La tarea de limpieza en el tambo es una actividad de importancia debido a que da lugar a uno de los consumos de agua más importantes en el establecimiento y determina la cantidad y calidad del efluente que se debe gestionar posteriormente.

El agua utilizada en el establecimiento lechero para limpieza se clasifica en general en dos tipos: lavado de zonas sucias y lavado de zonas limpias.

El lavado de zonas sucias incluye, por ejemplo, las playas de espera y alimentación y los corredores de entrada y salida de ganado, en tanto que el lavado de zonas limpias abarca la sala de ordeño, la máquina ordeñadora, el tanque de leche y el lavado de ubres.

1.3.1.1. Lavado de zonas limpias

El lavado de las zonas limpias requiere de agua de alta calidad que cumpla con los estándares para agua potable.

Tabla 1. Usos y consumo de agua para lavado zonas limpias

	Calidad/Tipo de agua	Cantidad (aproximada)
Máquinas y órganos de ordeño (incluye enjuague)	Potable/Caliente	7-8 L/órgano operativo
Tanque de frío (incluye enjuague)	Potable/Caliente	2-5% del volumen del tanque
Otros (ej.: intercambiadores)	Potable	Despreciable debido a que se recupera para su uso
Lavado de ubres	Potable/Frío	Variable según operativa del tambo
Pisos	Potable/Frío	15% del agua consumida en el tambo
Uso de personal	Potable/Frío y Caliente	50 L/persona/día

Fuente: Elaboración propia

1.3.1.2. Lavado de zonas sucias

En el lavado de las zonas sucias del establecimiento es posible utilizar agua de menor calidad. Un ejemplo de esto es la utilización de agua de reuso proveniente del tratamiento de efluentes, pero para esto el establecimiento debe contar con un sistema que permita obtener una calidad de agua adecuada (en general se requiere un sistema de tratamiento biológico). Las tareas y los consumos asociados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Usos y consumo de agua para lavado de las zonas sucias

	Calidad/ Tipo de agua	Cantidad (aproximada)
Playa de espera	Potable y/o Reciclada/ Fría	Depende del sistema de lavado utilizado (inundación, mangueras con presión, barrido en seco y lavado posterior) y del área de la playa. Para lavado por inundación el consumo varía entre 10 y 20 L/m ² a lavar, de acuerdo a la pendiente de la playa
Playa de alimentación	Potable y/o Reciclada/ Fría	Se lavan por inundación, utilizando entre 10 y 20 L/m ² a lavar, de acuerdo a la pendiente de la playa

Fuente: Elaboración propia

1.3.2. Otros consumos

1.3.2.1. Abrevadero

De acuerdo a la bibliografía, un animal adulto requiere entre 3 y 4 litros de agua/día/kg de materia seca, en tanto la vaca lechera requiere de 4 a 4,5 litros de agua por litro de leche producida. Vale mencionar que si bien los requerimientos dependen del estado del animal, nivel de producción de leche, cantidad de materia seca ingerida y de las condiciones ambientales (temperatura, humedad), es habitual suponer un consumo diario promedio anual del orden de los 40 a 50 L/vaca/día.

1.3.2.2. Consumos domésticos

El consumo de agua de los habitantes del tambo se estima en 100 L/persona/día. Es importante destacar que este consumo es poco significativo en el total del agua utilizada en el establecimiento.

1.3.3. Enfriamiento

El intercambiador de placas que se utiliza para generar un pre enfriado de la leche tiene un consumo de entre 2 a 9 L agua/L leche enfriada, dependiendo del caudal de leche a enfriar, de la temperatura del agua de la perforación y del cambio de temperatura a introducir en la leche.

Se trata de una corriente que puede ser recuperada para su uso en el tambo, ya que es agua que no está en contacto con el producto y por tanto no se contamina con éste.

1.4. Calidad del agua utilizada en sala de ordeño y metodologías de potabilización

La calidad del agua es un concepto que se refiere a las características químicas, físicas y biológicas del agua, que determina la aptitud para un determinado uso.

Los estándares utilizados para evaluar la calidad del agua se relacionan con los distintos usos realizados (uso para potabilización, agua potable, riego, recreación, calidad ambiental, etcétera). Los parámetros de calidad de agua del establecimiento están dados por la calidad de agua en la perforación, así como por la gestión en las instalaciones sanitarias (por ejemplo: limpieza de tanque elevado). En consecuencia, los motivos de la contaminación bacteriológica pueden estar aso-

ciados a la contaminación del acuífero, o por incorrecto manejo del agua extraída de la fuente (contaminación posterior a su extracción en las instalaciones del establecimiento). El MGAP evalúa la calidad de agua en el tambo al momento de la habilitación y luego anualmente en la refrendación. Los parámetros que se exigen son fisicoquímicos y microbiológicos, y la muestra de agua utilizada en la zona de producción debe cumplir como mínimo con los requisitos establecidos en la Tabla 3.

Tabla 3. Límites máximos para algunos parámetros de calidad de agua utilizada en zonas de producción de alimentos (OSE, 2006).

Parámetro	Límite máximo	Unidad
Coliformes totales	Ausencia en 100 mL	u.f.c./100 mL
Coliformes termotolerantes o Escherichia Coli	Ausencia en 100 mL	u.f.c./100 mL
Pseudomona aeruginosa	Ausencia en 10 mL	
Arsénico	0,05	mg/L
Nitrato (como NO ₃ ⁻)	50	mg/L
Nitrito (como NO ₂ ⁻)	3	mg/L
Dureza total	500	mg/L

Cuando están presentes nitratos y nitritos se debe cumplir: $[\text{NO}_3^-]/50 + [\text{NO}_2^-]/3 \leq 1$

■ Se debe:

- * Utilizar agua potable en todas las operaciones vinculadas a la producción o elaboración de alimentos, así como en la limpieza en las zonas limpias dentro del tambo (MGAP, 2010).
- * Utilizar agua potable para consumo del personal del establecimiento.
- * No clorar dentro de las perforaciones.
- * Realizar desinfección del agua utilizada en las zonas limpias, a través de un sistema que dosifique automáticamente el desinfectante en el flujo del agua al tanque elevado.

- * Realizar desinfección del agua con los productos habilitados y/o autorizados por el MGAP.
- * Limitar el contenido de cloro del agua potable. La Organización Mundial de la Salud (OMS) determina que luego de un período de contacto de 30 minutos, una concentración de 0,5 mg/L de cloro residual libre en el agua, luego de un período de contacto de 30 minutos, garantiza una desinfección satisfactoria. El agua con 0,5 mg/L de cloro residual no debe tener gusto a cloro, por lo que es posible que en caso de sentirse olor o sabor a cloro en el agua elevada las concentraciones sean superiores.
- * Realizar la limpieza del tanque de almacenamiento del agua una vez al año como mínimo.

2

Diseño de sistemas de gestión de efluentes

El principal objetivo de la gestión de efluentes es evitar que su vertido cause impactos ambientales adversos, fundamentalmente sobre la calidad del agua superficial, subterránea y suelos. El marco reglamentario para este aspecto es el Decreto 253/79 y sus modificativos, el cual incluye los estándares de vertido a cuerpo de agua y a terreno.

Se privilegia el vertido de efluente a terreno por sobre las demás alternativas, en los casos que esto sea posible, ya que permite valorizar el agua, la materia orgánica y los nutrientes contenidos en el efluente, redundando en un ahorro de fertilizante químico.



4. Esparcido de efluente al terreno

En este caso el vertido se debe realizar en condiciones controladas y no puede ser efectuado en días de lluvia ni cuando el suelo se encuentre a capacidad de campo, ya que en ese caso se puede favorecer el transporte de contaminantes hacia los cuerpos de agua.

Si bien es una alternativa, se desalienta para este tipo de establecimientos el vertido de efluente a cuerpos de agua, debido a que el nivel de exigencia de los estándares establecidos en la normativa implica contar con un sistema de tratamiento de alta eficiencia para la remoción de contaminantes (fundamentalmente materia orgánica, sólidos, nutrientes y microorganismos).

2.1. Consideraciones para el diseño

Como primera actividad para el diseño de un sistema de gestión de efluentes es necesaria la medición de los caudales de efluente generado en el tambo y la caracterización de la calidad del líquido a gestionar. Para esto se deben realizar relevamientos de campo. Para los casos que esto no fuera posible, existe bibliografía nacional en la cual es posible encontrar datos de referencia o formas de cálculo de caudales y caracterización de efluentes (DINAMA e IMFIA, 2008).

Si bien depende fuertemente del tipo, tamaño y prácticas del establecimiento, el efluente generado en un tambo presenta las siguientes características:

- Alto contenido de materia orgánica.
- Alto contenido de sólidos (disueltos, suspendidos y sedimentables).
- Alto contenido de nutrientes (nitrógeno y fósforo).
- Alto contenido de microorganismos.

■ Se debe:

- * Colectar y conducir las aguas "sucias" en su totalidad para su gestión, con el fin de evitar el vertido directo al terreno sin control.
- * Evitar la conducción de aguas pluviales no contaminadas al sistema de tratamiento de efluentes.
- * Cumplir con el Decreto 253/79, en particular en lo que respecta a:
 - 1) Los estándares de vertido.
 - 2) No modificar la calidad del cuerpo receptor de los efluentes, de forma de no alterar su clase o aptitud para el uso previsto. Vale mencionar que de acuerdo a lo establecido en el artículo 15 del Decreto, en casos particulares: *"...el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente podrá disminuir las exigencias establecidas para los vertimientos, si a su criterio el interesado demuestra que las descargas a realizar no provocarán inconvenientes"*.
- * Para las descargas que se realicen por infiltración al terreno se deben cumplir, de acuerdo al Decreto 253/79, además de los estándares de calidad de vertido, las siguientes condiciones:

- Solo será permitido en zonas rurales.
 - Distancia mínima a manantiales o cursos de agua: 50 m.
 - Distancia mínima a medianeras: 10 m.
- * Cumplir lo establecido en el Decreto 405/2008, referente a los planes de uso del suelo y en particular lo establecido en el Manual de medidas exigibles para cultivos: Instructivo para la elaboración y presentación de Planes de Uso y Manejo Responsable de Suelos - Contenido de un plan de uso para cultivos agrícolas y forrajeros en Sistemas Lecheros, MGAP.
 - * Consecuentemente con ello, el MGAP exigirá la presentación de un Plan de Uso y Manejo Responsable del Suelo, en el cual deberá exponerse que el sistema de producción proyectado limite la erosión a un valor tolerable, teniendo en cuenta los suelos del predio, la secuencia de cultivos y las prácticas de manejo.

Gestión de efluentes para vertido a terreno

Es necesario contar como mínimo con un sistema que tenga la siguiente configuración:



Este sistema tiene como objetivos: (1) permitir la aplicación de forma controlada del efluente, y en particular de su contenido de nutrientes al terreno, actuando como un mejorador del suelo o, en el peor de los casos, no provocándole una afectación negativa; y (2) permitir a través de la unidad de almacenamiento un control de los vertidos a realizar, contemplando las épocas o días lluviosos donde no se puede realizar la aplicación del efluente al terreno.

El volumen de almacenamiento se determina realizando balances hídricos considerando una serie pluviométrica diaria de un período mínimo de 10 años, evaluando aportes pluviales, aportes por efluentes y extracción para aplicación al terreno, y simulando el no vertido en caso de lluvia o cuando el suelo se encuentre a capacidad de campo. Se debe adicionar el volumen de almacenamiento para lodos.

■ Se debe:

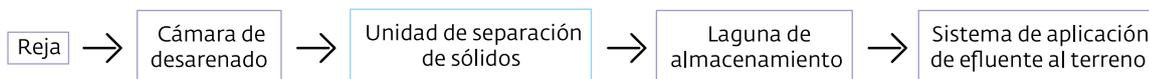
- * Impermeabilizar las lagunas de tratamiento o almacenamiento, de forma de que la conductividad hidráulica sea menor o igual a

1e-7 cm/s. Para esto podrán considerarse los siguientes procedimientos: compactación con arcilla (espesor 30cm), instalación de geo membrana de PEAD o losa de hormigón.

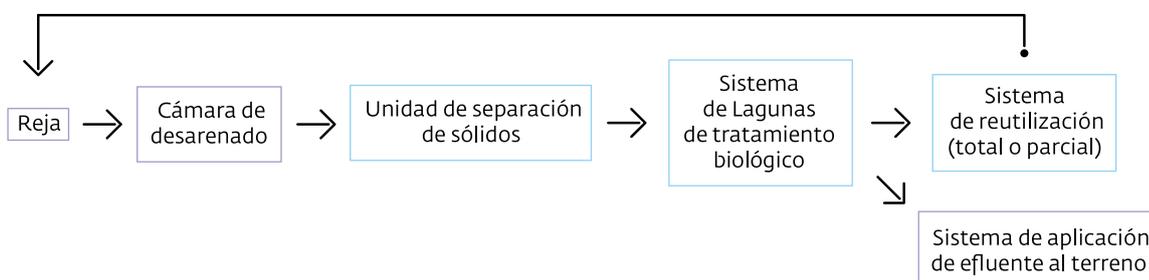
- * Separar las aguas pluviales “limpias” con el objetivo de desviarlas fuera del sistema de gestión de efluentes, incluyendo las recolectadas de los techos del tambo.
- * No realizar aplicaciones de efluente en sitios de recarga de acuíferos.
- * Determinar el área de aplicación de efluentes al terreno en función de los resultados de balances hídricos y balances de nutrientes.

Se recomienda:

- * Incorporar una unidad de separación de sólidos entre el sistema de desarenado y el sistema de almacenamiento, con el objetivo de mejorar la calidad del agua vertida, recuperar el sólido para una revalorización más adecuada y evitar costos innecesarios asociados al vertido y posterior retiro del sólido del sistema de almacenamiento. El esquema del sistema es el siguiente:



- * Para establecimientos que reutilizan las aguas para limpieza, y en los cuales el objetivo es obtener un líquido más clarificado con menor contenido orgánico y bacteriológico, una opción de configuración recomendada es la siguiente:



- * Que la distancia mínima del nivel freático al fondo de las unidades sea mayor o igual a 3 m.
- * Que el sistema de gestión de efluentes sea construido a una distancia mínima a cuerpos de agua superficiales (línea de ribera) de 300 m para pendientes menores al 3% y 500 m para pendientes mayores al 3%.
- * Que se realice la limpieza de explanada y playa de alimentación en seco antes del uso de agua, usando palón o algún sustituto (por ejemplo: tractor con lampazo en parte delantera). Esta limpieza previa permite una reducción del 30 a 40%¹ en las cargas de vertido al sistema de almacenamiento/tratamiento. Por otra parte, posibilita separar el estiércol con un porcentaje de humedad que permite su mejor manejo posterior. El impacto que provoca la separación de la bosta antes del lavado sobre la demanda de agua es significativo, ya que en algunos casos se puede lograr una reducción de hasta un 50% en el consumo de agua de lavado. Esto influye también significativamente en la reducción de las cargas y volúmenes vertidos al sistema de gestión de efluentes, por lo que tiene una incidencia directa en el dimensionamiento de las unidades y en consecuencia en los costos de inversión, operación y mantenimiento del sistema.

Si bien existen diversas opciones para el sistema de lagunas de tratamiento biológico, usualmente consta de al menos una laguna anaeróbica y una laguna facultativa. Los criterios de diseño de lagunas anaeróbicas y facultativas para tambos pueden encontrarse en la “Guía de Gestión Integral de Aguas en Establecimientos Lecheros” de DINAMA, (DINAMA e IMFIA, 2008). El agua tratada solo podrá ser utilizada en el lavado del corral de espera y/o el lavado de playas de alimentación. El volumen a reutilizar respecto al volumen total generado debe establecerse en consideración del balance hídrico del sistema.

Gestión de efluentes para vertido a curso de agua

Esta opción se podrá utilizar cuando no exista la posibilidad de verter el efluente a terreno. En el caso de vertido a curso de agua se deberá contar como mínimo con un sistema con la siguiente configuración:



¹ Este valor surge de la experiencia de los autores.

Este sistema tiene como objetivo tratar el efluente generado para remover contaminantes, a los efectos de que el vertido que se produzca cumpla con los estándares y otras condiciones. En tal sentido, es importante recalcar que este cumplimiento no puede ser obtenido a través de un sistema de tratamiento cuyas unidades sean exclusivamente lagunas anaeróbicas y/o facultativas, sino que requiere de unidades específicas para remoción de nutrientes.

■ Se debe:

- * Impermeabilizar las unidades de tratamiento, de forma que la conductividad hidráulica sea menor o igual a $1e-7$ cm/s. Para esto podrán considerarse los siguientes procedimientos: compactación con arcilla (espesor 30cm,), instalación de geo membrana de PEAD o losa de hormigón.
- * Separar las aguas pluviales “limpias” con el objetivo de desviarlas fuera del sistema de gestión de efluentes. Esto incluye el agua a ser recolectada de techos.

■ Se recomienda:

- * Aplicar los criterios de diseño de lagunas anaeróbicas y facultativas para tambos que pueden encontrarse en la “Guía de Gestión Integral de Aguas en Establecimientos Lecheros” de DINAMA.
- * Que la distancia mínima del nivel freático al fondo de las lagunas sea mayor o igual a 3 m.
- * Que el sistema de gestión de efluentes sea construido a una distancia mínima a cuerpos de agua superficiales (línea de ribera) de 300 m para pendientes menores al 3% y 500 m para pendientes mayores al 3%².
- * Que se realice la limpieza de explanada y playa de alimentación en seco antes del uso de agua, usando palón o algún sustituto de éste (por ejemplo: tractor con lampazo en parte delantera). Esta limpieza previa permite la reducción en las cargas de vertido al sistema de almacenamiento/tratamiento del 30 a 40%. Por otra parte, posibilita separar el estiércol con un porcentaje de humedad que permita su mejor manejo posterior. El impacto que provoca la separación de la bosta antes del lavado sobre la demanda de agua es significativo, ya que en algunos casos se puede lograr

² Esto es obligatorio para tambos en la cuenca del Río Santa Lucía - Resolución Ministerial 229/015.

una reducción de hasta un 50% en el consumo de agua de lavado. Esto influye también significativamente en la reducción de las cargas y volúmenes vertidos al sistema de gestión de efluentes, por lo que tiene una incidencia directa en el dimensionamiento de las unidades y, en consecuencia, en los costos de inversión, operación y mantenimiento del sistema.

2.2. Descripción de las unidades de gestión de efluentes

2.2.1. Reja gruesa

La reja tiene como objetivo la retención de sólidos groseros y su forma general puede verse en la foto 5.



5. Reja gruesa

Se recomienda una reja de planchuelas separadas 1,5 cm a través de la cual se busca evitar el pasaje hacia el tratamiento de jeringas, guantes, restos de hilo de fardo, plásticos y acumulaciones secas de estiércol.

2.2.2. Cámara de desarenado

El desarenador o cámara de desarenado tiene como objetivo la retención de sólidos de gran tamaño, tales como piedras, arena y tierra y la mezcla de ellas, que normalmente llegan al sistema de tratamiento en las patas de los animales. Esta estructura evita que se tapen las tuberías (aterramiento de tuberías) y o canales cerrados aguas abajo del tambo.

El tipo de cámara y sus dimensiones depende del espacio que se disponga, frecuencia y modo de limpieza, y de la maquinaria disponible para su limpieza. Existen varios diseños distintos en formas y tamaños, pero en general tienen una altura útil o “sobrefondo” donde quedan retenidos una mezcla de arena, pedregullo y tierra.

Un diseño robusto y estable consiste en un recinto de sección trapezoidal con accesos laterales (ver foto 6), donde la limpieza usualmente se realiza con tractor. Por lo cual la entrada debe tener un ancho que permita el pasaje de la pala (delantera o trasera) de este equipo (no menos de 2 metros).



6. Desarenador en rampa

Otro tipo de cámaras de limpieza manual son directamente cámaras o recintos prismáticos rectangulares donde la captación se realiza desde la zona superior (a través de la reja ya mencionada).

2.2.3. Sistemas de separación de sólidos (sistema separación de estiércol)

El objetivo de esta estructura es evitar el ingreso a las lagunas de sólidos (bosta y la fracción de arena y tierra que pasó del desarenador), ya que en ese caso deben posteriormente ser retirados del fondo de las lagunas, aumentando significativamente los costos de mantenimiento y disminuyendo los períodos entre limpiezas del sistema de almacenamiento. La unidad más adecuada de separación de sólidos en cada caso depende de la escala del establecimiento, la disponibilidad de maquinaria y de recursos humanos, y la disponibilidad de capital para realizar la inversión y afrontar costos de operación y mantenimiento.

Los dos grandes grupos de sistemas de separación son aquellos en los que la fase sólida y líquida se separa por gravedad y aquellos en que se separa por filtrado (en general, sistemas mecánicos). En cualquier caso, el lixiviado (líquido que se escurre) o sobrenadante del sólido debe ser colectado y enviado al sistema de almacenamiento.

2.2.3.1. Equipos de separación por gravedad

Las unidades de separación de sólidos por gravedad que se utilizan habitualmente son:



7. Estercolero



8. Trampa de sólidos

- Estercolero – Esta unidad consiste en un recinto donde la retención de estiércol es en la parte inferior, en tanto el líquido restante escurre a través de las paredes, que pueden ser de ladrillo rejilla, madera perforada u otro material. El estercolero usualmente se limpia mediante tractor con pala y usualmente sus dimensiones se determinan con el objetivo de realizar esta tarea.

- Trampa - Las trampas presentan un funcionamiento similar al del estercolero. Se trata de un dispositivo en rampa, donde la sedimentación de la bosta se da en la parte más profunda situada al final de la unidad. Los sólidos son retenidos por una rejilla y los líquidos sobrenadantes son conducidos desde allí hacia la unidad de almacenamiento/tratamiento.
- Lagunas de sedimentación como lo indica su nombre son unidades lagunares utilizadas como sedimentadores. No requieren una limpieza con una frecuencia alta, por lo cual permiten disminuir el tiempo de trabajo dedicado a esta tarea. Sin embargo, llegado el momento de su limpieza la cantidad de material a gestionar y disponer es muy importante, debiendo realizarse esta tarea con equipos especiales que generan altos costos puntuales para el productor. El dimensionamiento de la unidad debe realizarse teniendo en cuenta la carga de sólidos a separar en el efluente y el periodo de tiempo entre limpiezas. Debido a que las limpiezas es conveniente realizarlas durante el verano, habitualmente el tiempo mínimo para este diseño es de un (1) año.

Ventajas

- No requieren del uso de bombas.
- No consumen energía eléctrica.
- Tiene menor costo de inversión inicial.
- Bajo costo de operación.
- Bajo costo de mantenimiento.

Desventajas

- Poseen una eficiencia global media que no supera el 60% de retención de la bosta; esto implica que la unidad de aguas abajo recibe el 70% de Sólidos Totales (S.T.) que no se retuvieron y, por tanto, se deben prever mayores volúmenes de almacenamiento o aumentar la frecuencia de su limpieza.
- Generan un sólido de alto porcentaje de humedad, del orden del 96 a 98%, que dificulta el manejo posterior debido a los escurrimientos que se generan en su transporte y/o disposición. Debido a esto requiere de una etapa de escurrido previo a cualquier operación, aumentando las horas hombre necesarias para su manejo y mayores superficies de almacenamiento.

2.2.3.2. Equipos de separación por filtrado

Para la separación de sólidos (mayoritariamente bosta) por filtrado se recomiendan las siguientes unidades:

Tamiz estático – Separa los sólidos con una eficiencia en segregación del 98%. La humedad de salida del sólido es del orden del 92 al 95%. Debido a la humedad del sólido el manejo posterior implica el uso de más recursos humanos que otras opciones.

Es posible complementar la acción de un filtro de este tipo con una zorra, forrada con malla sombra o mosquitero, para completar la deshidratación del sólido. Su costo es intermedio y su montaje no requiere de obras importantes; solo una base metálica, ya que debe ir levantado para simplificar la recolección del sólido generado.



9. Tamiz estático

Tamiz rotatorio - Tiene una eficiencia de separación de sólidos superior al 98%. La humedad de salida es del orden del 90%. Al igual que el anterior, suele usarse en conjunto con una zorra para complementar la deshidratación.

Debido a la humedad del sólido el manejo posterior implica también el uso de recursos humanos. Su costo es intermedio y su montaje requiere obras similares al tamiz estático: una base metálica que lo levante para simplificar la recolección del sólido generado.

Prensa extrusora - Genera una separación de sólidos con una eficiencia mayor al 98%; el sólido extrusado tiene menor contenido de humedad que el de los sistemas anteriores. El requerimiento de recursos humanos para la gestión del sólido extrusado es mínimo y, por otra parte, su manejo es más simple debido al bajo nivel de agua que contiene.



10. Prensa extrusora

Su costo es el más alto y su montaje requiere una base metálica y una potencia eléctrica del orden de los 2,5 a 4,5 HP.

Existen diferentes opciones de pozo de bombeo aguas arriba de estas unidades, sobre todo en lo referido a la manera de mantener el líquido en agitación para permitir un bombeo sin complicaciones. A su vez, se recomienda que la bomba utilizada en el pozo sea de rotor abierto, tipo “bomba para lodos” o bomba tipo monocanal.

Los sistemas de separación por filtrado resultan la forma más eficiente de generar la separación sólido líquido.

Ventajas

- Separación de alta eficiencia global, mayor al 95%.
- Generan un sólido de bajo porcentaje de humedad, lo cual simplifica su manejo posterior.
- Los requerimientos de horas hombre en la operativa diaria son medios a bajos debido a que los sistemas son utilizados con automatización.
- Disminuye los costos de manejos posteriores debido a que al bajar la humedad contenida en el sólido disminuye el volumen a gestionar.

Desventajas

- Costos de implementación medios a altos.
- Consumen energía eléctrica.
- Requieren del uso de bombas y equipos de separación de sólidos.
- Los costos de inversión son medios a altos.
- Los costos de mantenimiento son esporádicos pero significativos.

Tabla 4. Comparación de los distintos sistemas de separación por filtrado

Sistema	Eficiencia separación	Horas hombre	Humedad del sólido
Decantación natural	Media	Alta	Alta (96 al 98%)
Filtro tamiz estático	Alta	Media a baja	Media (92 al 95%)
Filtro tamiz rotatorio	Alta	Media a baja	Baja (90 al 92%)
Filtro por extrusora	Alta	Baja	Muy baja (70 al 72%)

Fuente: elaboración propia

2.2.4. Lagunas

En todos los casos las lagunas deben ser construidas de manera tal de asegurar la no infiltración del efluente contenido al terreno, para lo cual se recomienda el uso de una capa de material arcilloso apisonado

hasta lograr una conectividad hidráulica menor a $1E-7$ cm/s. Para que esto sea posible es importante que las unidades sean diseñadas con taludes en relación horizontal: vertical no menor a 2,5 de manera tal de permitir el uso de equipos de apisonamiento como los mostrados en las figuras para lograr la tasa de infiltración adecuada.



2.2.4.1. *Lagunas de almacenamiento*

El volumen de almacenamiento se diseña en función de un balance hídrico, considerando la época de aplicación a los efectos de prever el período de almacenamiento y de vertido. Las entradas al balance hídrico resultan el efluente generado y colectado y las aguas pluviales (sobre la zona de espera/alimentación) que potencialmente serán incorporadas al sistema de efluentes. Previo a la aplicación se debe considerar el período de almacenamiento (durante el cual se deberá tomar en cuenta también la evaporación del sistema lagunar) y la aplicación, considerando la tasa de infiltración y la no aplicación en días de lluvia. Se recomienda el uso de una serie histórica pluviométrica de un período mínimo de 10 años con el objetivo de determinar el tirante en el sistema de almacenamiento.

2.2.4.2. *Lagunas de tratamiento*

Usualmente, el sistema de lagunas consta al menos de una laguna anaeróbica y una laguna facultativa. Los criterios de diseño de lagunas anaeróbicas y facultativas para tambos pueden encontrarse en la guía de gestión integral de aguas en establecimientos lecheros.

a) Laguna anaeróbica

La laguna anaeróbica es una unidad de tratamiento biológico en la que la degradación de la materia orgánica ocurre en ausencia de oxígeno disuelto. Posee un área expuesta baja, con el objetivo de minimizar el intercambio de oxígeno con el aire, y una profundidad útil no menor a los 3,5 metros.

b) Laguna facultativa

En la laguna facultativa los procesos anaerobios se dan en el fondo, en tanto la masa de agua se mantiene mayoritariamente en condiciones aerobias. En efecto, una capa superficial de profundidad variable según la penetración de la luz solar en las aguas de la laguna mantiene condiciones de oxigenación durante el día debido a la actividad fotosintética de las algas, además de la difusión del oxígeno del aire. Por este motivo las lagunas de este tipo poseen una superficie expuesta alta y una profundidad útil que no debe superar los 1,5 metros. En caso de ser usada como laguna final, estas unidades deben contar con una capacidad de almacenamiento de efluente por encima de su nivel normal de operación, de no menos de 15 a 30 días, debido a que no podrá realizarse la infiltración de efluente en los días de lluvia y en los que el terreno se encuentre a capacidad de campo.

En todos los casos las lagunas deben ser operadas y mantenidas de manera tal de evitar su colmatación, ya que eso puede dar lugar a problemas operativos tales como taponamiento de pasadas entre unidades, desbordes de las unidades por sus taludes, etc.



12. Laguna desbordada

2.2.3 Otras unidades de tratamiento

Existen otras unidades de tratamiento que pueden ser utilizadas para mejorar la calidad del efluente vertido a terreno o para lograr que sea posible su vertido a curso de agua.

- Humedales artificiales

Los humedales artificiales son uno de los sistemas de tratamiento de efluentes “naturales”, ya que al igual que las lagunas de tratamiento remueven sustancias presentes en los efluentes mediante procesos físicos, químicos y biológicos que usualmente ocurren naturalmente en el ambiente. Dado que estos sistemas no admiten altas cargas de materia orgánica o sólidos, son utilizados con frecuencia como unidades de mejora de la calidad de un efluente ya tratado y con motivo de remover la materia orgánica remanente.



13. Humedal superficial

Estos sistemas tienen las ventajas de no consumir energía y de tener un bajo requerimiento de mano de obra para su operación. Sin embargo, requieren una superficie de terreno relevante. En los humedales, los procesos de tratamiento ocurren mediante las interacciones entre el efluente, el sustrato, los microorganismos y la vegetación. Dependiendo del medio a través del cual circula el agua, los humedales construidos se clasifican en aquellos de flujo superficial y los de flujo sub-superficial. Es importante en este tipo de sistemas tener en cuenta las necesidades de cosecha como una tarea a realizar para el adecuado funcionamiento del sistema.

- Alternativas para la remoción de nutrientes

Para disminuir la concentración de fósforo en el efluente a efectos de lograr su vertido a un curso de agua, puede precipitarse el mismo mediante el agregado de productos químicos, habitualmente sulfato de aluminio, que generan la coagulación del fósforo inorgánico presente en el efluente. Este proceso tiene un costo operativo significativo y da lugar a la generación de lodos que deben gestionarse de manera adecuada para su disposición final.

Para disminuir la concentración de nitrógeno en el efluente pueden ponerse en marcha unidades de tratamiento que disminuyen su concentración a través de un proceso llamado nitrificación denitrificación. Las unidades intensivas de tratamiento necesarias para llevar adelante este proceso implican una alta inversión inicial debido a la infraestructura asociada (sistema de aireación, reactores biológicos, sedimentador de lodos, planta de tratamiento de lodos) y un significativo costo operativo debido al consumo de energía eléctrica del sistema de tratamiento y las tareas asociadas a su gestión. Debido al déficit de oxígeno en los humedales de flujo horizontal no se consigue la nitrificación. No obstante, si el efluente proviene de una etapa previa aeróbica en la cual se haya conseguido la nitrificación del amonio, es posible lograr la denitrificación en los humedales de flujo sub-superficial.

2.3. Aplicación al terreno

El vertido de efluentes al terreno, si es realizado correctamente, contempla no solo aspectos ambientales, sino también productivos y sanitarios. Mediante esta práctica se aprovechan con un fin agronómico la materia orgánica y los nutrientes presentes en el efluente, sustituyendo el uso de fertilizantes químicos, y, a su vez, se evita la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

■ Para el vertido de efluente al terreno se debe:

- * Cumplir con los estándares de vertido establecido en el Decreto 253/79 (art. 11).
- * Emplear solo en zonas rurales, donde está permitido.
- * Mantener una distancia mínima a manantiales o cursos de agua de 50 m.

- * Mantener una distancia mínima a medianeras de 10 m.
- * Cumplir con un plan de rotación de parcelas receptoras del efluente.
- * Realizar el vertido de efluente en zonas que no se encuentren definidas como de recarga de acuífero.
- * Realizar una distribución del efluente en forma homogénea, evitando encharcamiento y escurrimiento, de forma de asegurar un uso eficiente de los nutrientes aplicados.

■ Para el sitio a infiltrar se debe:

- * Definir el área destinada a la aplicación del efluente.
- * Contemplar el uso actual y/o propuesto del suelo de la zona de infiltración.
- * Analizar topografía, pendientes y drenajes naturales.
- * Verificar la profundidad de la napa de agua más cercana, con el objetivo de prevenir su contaminación.
- * Verificar la tasa de infiltración, ya sea a través de la medida o estimación, de acuerdo al tipo de suelo existente en la zona definida.
- * Analizar características del suelo (que incluya como mínimo Fósforo Bray, textura, infiltración básica del suelo, etcétera).
- * Realizar balance hídrico del suelo para definir frecuencias y período de aplicación.
- * Realizar balance de nutrientes para definir el área mínima a utilizar, la dosis a aplicar y un uso eficiente de los nutrientes contenidos en el efluente.

■ Desde el punto de vista sanitario se debe (MGAP, 2013b):

- * Aplicar en pasturas que estén recién pastoreadas.
- * Esperar un tiempo de 21 a 30 días para realizar pastoreo directo.
- * Evitar pastoreo con categorías de animales menores a 1 año.

- * Evitar pastoreo de vacas preparto.

A los efectos de realizar un seguimiento de la calidad del suelo luego de la aplicación, es necesario monitorear anualmente los parámetros que pueden ser afectados.

En caso de no respetar las condiciones de aplicación planteadas es probable que se generen encharcamientos y encostramientos del suelo como los evidenciados en las fotos 14 y 15.



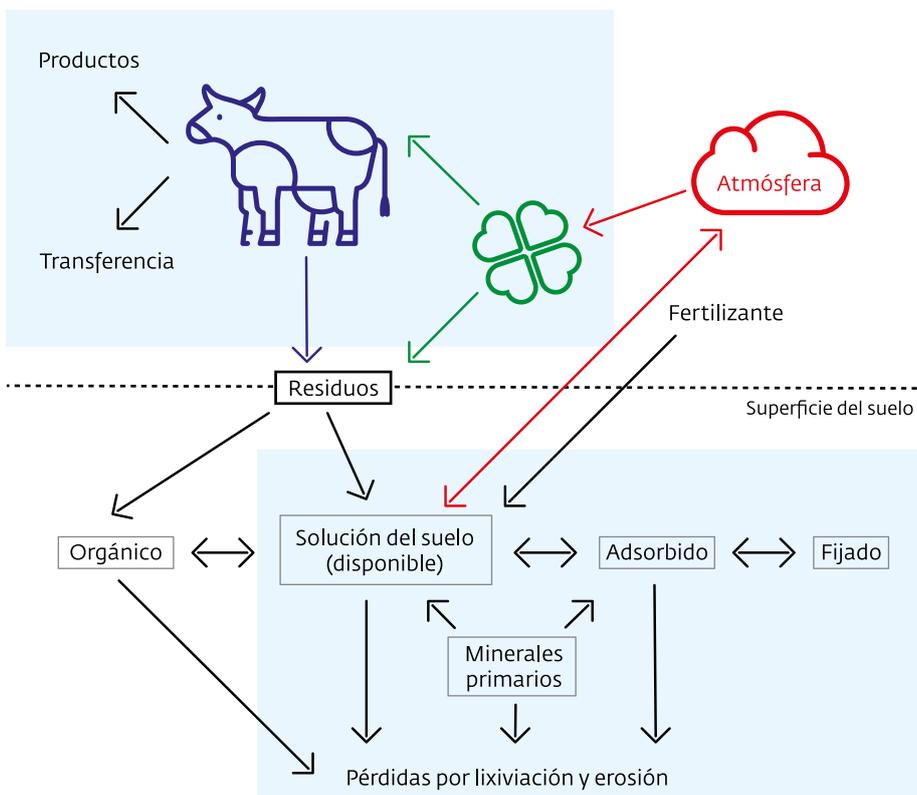
14. Encharcamiento



15. Encostramiento

2.4. Balance de nutrientes (nitrógeno y fósforo)

En forma genérica se entiende como Balance de Nutrientes a la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y que salen de un sistema definido en el espacio y en el tiempo. Los componentes del mismo son: las entradas constituidos por los aportados vía fertilizantes químicos, raciones, forrajes, aportes de animales y atmosféricos y las salidas a través de los granos, las semillas, los forrajes cosechados, en los productos animales (leche, carne, lana, etc.). En estos procesos también se generan pérdidas de nutrientes por erosión, lixiviación, volatilización, transferencia a lugares improductivos. En este sentido, se hace evidente la importancia de reducir estas pérdidas, reduciendo impactos ambientales y aumentando la eficiencia del uso de los nutrientes a nivel productivo.



Fuente: adaptado de Amabelia del Pino, Curso aplicación al suelo de residuos agroindustriales. DINAMA 2012

Ciclaje de nutrientes

El efluente dispuesto al suelo puede actuar como enriquecedor de nutrientes en la medida que estos sean incorporados con los criterios adecuados. Es necesario conocer las cantidades y características del efluente a aplicar con el objetivo de determinar el aporte de nutrientes y materia orgánica. Asimismo, es necesario considerar la extracción realizada por las pasturas o cultivos ya implantados en los cuales será vertido el efluente, o definir la especie de cobertura vegetal que será plantada, para conocer su capacidad de extracción y su manejo (por ejemplo, pastoreo, silo, fardos, etcétera).

La tasa y frecuencia de aplicación de residuos orgánicos y efluentes deberá planificarse teniendo en cuenta su composición (macronutrientes) y la caracterización agronómica de los suelos y cultivos o pasturas a utilizarse.

■ A los efectos de realizar el balance de nutrientes se debe:

- * Caracterizar el suelo (textura, análisis fisicoquímico que incluya niveles de Fósforo Bray, estimación de parámetros hídricos).
- * Caracterizar los efluentes y materiales a disponer, tanto desde el punto de vista de la calidad como de la cantidad.
- * Conocer el manejo de fertilizantes realizado en el predio (tipo, período de aplicación, etcétera).
- * Conocer el tipo de cultivo utilizado y rotación (planes de uso y manejo de suelos).

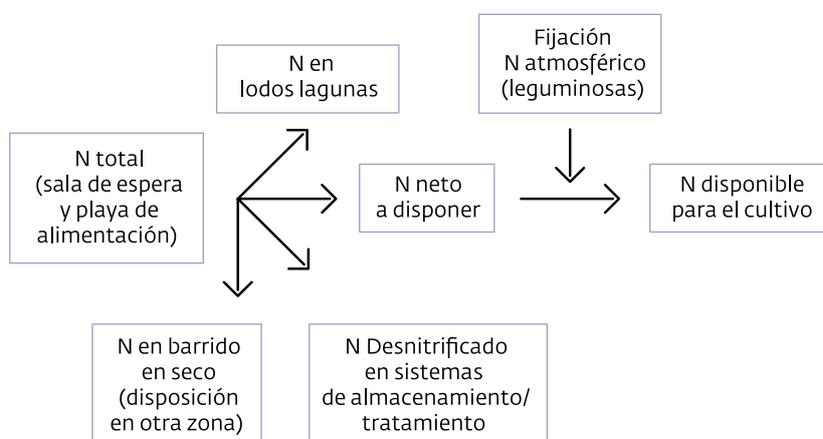
2.4.1. Balance de nitrógeno

■ Para llevar adelante este balance se debe:

- * Determinar la carga de aporte de estiércol y orina en la zona de espera y alimentación del tambo (kgN/día).
- * Corregir los valores mencionados anteriormente por el % retirado por limpieza en seco (kgN/día) (considerar en forma diferencial el nitrógeno presente en la orina y en el estiércol).
- * Considerar el % de Nitrógeno liberado como N₂ debido a la denitrificación desde su generación hasta su extracción del sistema

de tratamiento/almacenamiento. Se recomienda considerar el valor de 50%.

- * Evaluar el Nitrógeno requerido por el cultivo. Se deberá evaluar los kg MS/ha/año producidos, y cuál es el contenido de nitrógeno de los cultivos para determinar su requerimiento.
- * Se deberá evaluar especialmente la captación de N atmosférico en el caso de cultivos de leguminosas. En consecuencia, a partir de igualar las cargas de retorno al terreno y las cargas necesarias por el cultivo surge el área a aplicar.



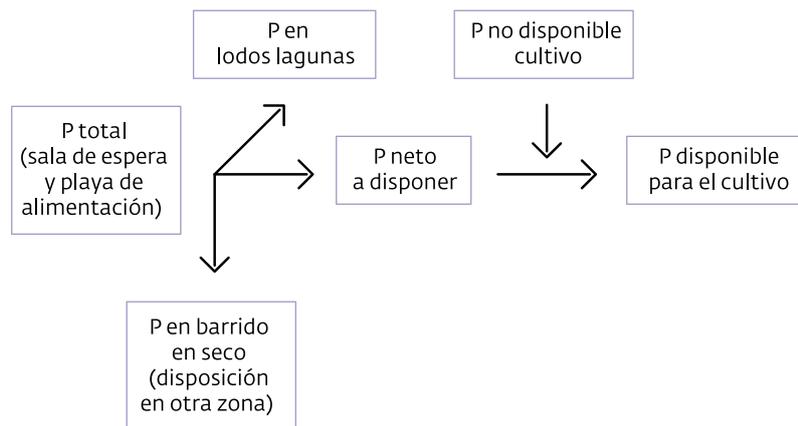
2.4.2. Balance de fósforo

■ Para llevar adelante este balance se debe:

- * Determinar la carga de aporte de estiércol en la zona de espera y alimentación del tambo (kgP/día).
- * Corregir los valores mencionados anteriormente por el % de estiércol retirado por limpieza en seco (kgP/día).
- * Evaluar el % de fósforo en lodo sedimentado en laguna de almacenamiento o tratamiento.
- * Analizar el requerimiento de fósforo del cultivo y el momento de aplicación
- * Determinar el área de aporte considerando el fósforo disponible para los cultivos. Aproximadamente del 50 al 70% del fósforo con-

tenido en el estiércol fresco se encuentra en forma inorgánica, disponible inmediatamente para las plantas y sujeto a los mecanismos de retención del suelo.

- * Considerar que en lo que respecta al efecto ambiental de la aplicación de fósforo, de cada 10 kg/has de P_2O_5 que se aplican al terreno aumenta aproximadamente en 1 ppm el contenido de fósforo del suelo.



2.5. Sistema de distribución

■ Se debe considerar para el diseño del sistema de aplicación:

- * Área a infiltrar.
- * Tasa de aplicación definida en el proyecto.

Los sistemas de aplicación pueden dividirse en dos tipos: sistemas de bombeo y aspersión, y cisternas estercoleras.

2.5.1. Sistema de bombeo y aspersión

Está compuesto por la bomba utilizada para el envío a terreno y por el sistema de conducción y aspersión.

2.5.1.1. Bomba para impulsión a terreno

La bomba necesaria para llevar adelante esta tarea depende del grado de tratamiento que tenga el agua residual a disponer. En la medida en que el agua posee un tratamiento mayor, y por lo tanto mejor calidad

general, los requerimientos de la bomba disminuyen. En este sentido pueden tomarse algunos tipos de equipos como ejemplo:

- Bomba estercolera: bombas de rotor abierto capaces de bombear sólidos de 50 mm o menores, las cuales habitualmente cuentan con un “cutter” o cortador en la entrada del efluente para reducir el tamaño de los sólidos mayores. Estos equipos son habitualmente de gran tamaño y cuentan con potencias significativas. Existe en el mercado una gran variedad de proveedores y equipos que cumplen con estas características. Las bombas de rotor abierto sin cortador no son recomendadas salvo en sistemas de tratamiento que cuenten con separación de sólidos previo al ingreso a la laguna desde la cual se bombea.
- Bomba tipo monocanal (foto 16): bombas capaces de manejar sólidos de hasta 75 mm de tamaño y que operan adecuadamente en sistemas que cuentan con desarenador pero sin sistema de separación de estiércol. No poseen un rotor, sino una especie de canal giratorio que permite el manejo de sólidos mayores. Se recomiendan para su utilización como equipo de bombeo para alimentar los sistemas de separación de estiércol por filtración, pero que pueden ser utilizadas como bomba de alimentación de los sistemas de aspersión.
- Bomba tipo centrífuga (foto 17) - Son bombas que solo pueden ser utilizadas en el caso de contar con unidades de tratamiento que permitan tener un líquido muy clarificado, de acuerdo a lo que se indica más adelante en este manual, ya que necesitan una muy buena calidad de agua (bajo contenido de sólidos) para operar sin inconvenientes.



16. Bomba monocanal



17. Bomba centrífuga

2.5.1.2. Sistema de disposición

Existe en el mercado una serie de opciones para generar la infiltración del efluente al terreno, las cuales se diferencian en las tasas de aplicación que permiten, la infraestructura necesaria para su implementación y el costo. Algunas son las siguientes:

- Cañón fijo (foto 18) - Es un sistema adecuado para regar efluentes de diversas calidades, pero al ser fijo tiene el inconveniente de que debe ser corrido de lugar con una frecuencia semanal o quincenal como máximo, de manera tal de no superar la infiltración planteada, lo cual hace que sea necesario dedicarle una mayor cantidad de horas hombre para su uso adecuado.



18. Cañón fijo

- Cañón móvil (foto 19) - Es un sistema de mayor costo pero que permite automatizar, en gran parte, el vertido de efluente al terreno. Los cañones recorren cierta distancia diaria, la cual puede ser configurada, cubriendo un área conocida y permitiendo mantener la tasa de aplicación controlada. La mano de obra necesaria es de menor entidad, ya que debe correrse de lugar con una frecuencia bastante menor a la del sistema fijo. Existen en el mercado variadas ofertas de este tipo de sistemas de infiltración al terreno.



19. Cañón móvil

- Pivot - Es la opción más cara que existe en el mercado, pero se trata de equipos que cubren superficies mayores en forma automática y permiten el manejo de efluentes de diferentes calidades, ajustando los diámetros de las boquillas de aspersión de los mismos. Según la calidad del efluente final este sistema de distribución puede presentar limitaciones por problemas en el tapado de las boquillas.
- Mangueras perforadas - Sistema de menor costo pero que tiene algunos inconvenientes que deben ser considerados al momento de elegir el sistema de aspersión.
 - Solo son recomendables para la infiltración de agua de muy buena calidad (sistema de tratamiento en correcto funcionamiento).
 - Al ser utilizados para regar en una pastura dan lugar a molestias al momento de la cosecha, ya que las mangueras deben ser retiradas para no romperlas.
 - En caso de tener agujeros grandes o ventanas dan lugar a tasas de infiltración que habitualmente generan encharcamientos en la zona de aplicación, lo cual indica que el funcionamiento del sistema de infiltración no es adecuado. Debe ajustarse su operación para evitar este fenómeno.

- Requieren de mano de obra para mover de lugar las mangueras en la rotación de la zona de infiltración.

Tabla 5. Comparación de los distintos sistemas de aplicación al terreno

	Cañón fijo	Cañón móvil	Pívot	Mangueras perforadas
Inversión	Media	Media a alta	Alta	Baja
Horas hombre en operativa	Media	Media a baja	Baja	Alta
Calidad de agua necesaria	Cualquier calidad regulando boquillas	Cualquier calidad regulando boquillas	Cualquier calidad regulando boquillas	Alta
Capacidad de regular infiltración	Alta a media	Alta	Alta	Baja

Fuente: Elaboración propia

2.5.2. Aplicación mediante sistemas tipo cisterna estercolera

Consiste en el mezclado del efluente contenido en una laguna de almacenamiento hasta lograr la mejor homogenización posible y su carga en cisterna estercolera para su distribución en terreno (foto 20).

Esta práctica se debe realizar manteniendo las precauciones mencionadas, tanto en lo referido a evitar los encharcamientos en el terreno como a mantener los criterios de los balances de nutrientes que eviten la sobrecarga de las zonas en las cuales se aplica. Para esto es necesario conocer la concentración de cada nutriente contenido en la mezcla y el volumen a disponer, estableciendo así la superficie necesaria para la aplicación del contenido de cada cisterna que se retira de la laguna.



20. Esparcidor de estiércol

Operación y mantenimiento de los sistemas de gestión de efluentes

Estas tareas son de relevancia para mantener el correcto funcionamiento del sistema y su eficiencia, así como para disminuir problemas tales como la colmatación de lagunas que se llenan rápidamente de lodos y pierden su funcionalidad.

Todas las tareas tienen que estar previstas en el momento del diseño del sistema de tratamiento y deben realizarse de manera adecuada y periódica de forma de mantener la operatividad y eficiencia de funcionamiento de los sistemas.

La limpieza de las unidades de retención de sólidos con la frecuencia establecida en el diseño es fundamental para el correcto funcionamiento de las unidades de tratamiento biológico ubicadas aguas abajo. La frecuencia de limpieza depende de los criterios con lo que se los haya diseñado.

3.1. Operativa de la planta de tratamiento

Tabla 6. Tareas de operación de las distintas unidades del sistema de gestión de efluentes

Unidad		Tarea	Frecuencia	Consecuencias de operativa no adecuada
Reja gruesa		Limpieza con rastrillo o similar	Dos veces por semana	No permite pasaje de flujo a través de la unidad
Desarenador	Prismático	Limpieza manual con pala	Nivel de sólidos cercano al nivel de salida de agua	Semanal
	Rampa	Limpieza con tractor con pala delantera		Quincenal
Estercolero		Limpieza con tractor con pala delantera	Semanal	No permite pasaje de flujo a través de la unidad
Sistema de filtrado	Tamiz estático	Limpieza de malla filtrante	Colmatado de malla	Según requerimientos de equipos
	Tamiz rotativo	Limpieza de bomba	Trancado de bomba	
	Prensa extrusora	Cambio de diafragma	Trancado de equipo extrusor	
Lagunas		Verificación pasaje entre lagunas Controlar sólidos superficiales	Mensual	Colmatado por estiércol
		Limpieza de fondo con bomba sapo y cisterna estercolera	Cada 3 a 5 años de acuerdo a la unidad	Colmatado por lodos biológicos
Sistema de infiltración	Bomba y aspersor	Limpieza de bomba Limpieza sistema aspersión	Trancado de sistema de infiltración Trancado de bomba	Control diario

Fuente: Elaboración propia

3.2. Mantenimiento de la planta de tratamiento

La siguiente Tabla 7 resume las tareas de mantenimiento que deben llevarse adelante en las distintas unidades de la planta de tratamiento:

Tabla 7. Tareas de mantenimiento de las distintas unidades del sistema de gestión de efluentes

Unidad		Criterio mantenimiento	Tarea
Reja gruesa		Corrosión planchuelas	Recambio planchuelas
Desarenador	Prismático	Defectos en estructura que comprometen integridad Integridad de cañerías de conexión	Reparación material de estructura Recambio de cañerías de conexión
	Rampa		
Estercolero			
Sistema de filtrado	Tamiz estático	Integridad de cañerías de conexión Equipos electromecánicos	Recambio de cañerías de conexión Mantenimiento de acuerdo a recomendaciones del fabricante
	Tamiz rotativo		
	Prensa extrusora		
Lagunas		Pasto alto en taludes que impide inspección Integridad de cañerías de conexión Costra en lagunas facultativas Vegetación en taludes	Corte de pasto en taludes Limpieza costra lagunas facultativas Remover vegetación de taludes sin uso de herbicidas
Sistema de infiltración Bomba y aspersor		Integridad de cañerías de conexión Bomba	Recambio de cañerías de conexión Mantenimiento de acuerdo a recomendaciones del fabricante

Fuente: Elaboración propia

4

Alternativas para la gestión de los residuos sólidos

La producción lechera implica una importante cantidad de actividades conexas, que por ende genera una gran diversidad de residuos. El estiércol es el más significativo en volumen y en esfuerzo de gestión.

■ Existen aspectos relevantes en la gestión de los residuos generados en los establecimientos lecheros, los cuales deben ser considerados:

- * El principio de responsabilidad del generador establece que es responsable de la adecuada gestión de los residuos sólidos en todas las etapas, desde su generación hasta su eliminación o disposición final.
- * La práctica de disponer el estiércol al terreno es habitual y constituye un procedimiento adecuado en condiciones controladas.
- * Es necesario el control de la lixiviación del estiércol en los sitios de disposición transitoria previo a su disposición al terreno.
- * Es necesaria la cuantificación y registro acerca de las cantidades generadas de los distintos tipos de residuos sólidos generados.
- * La quema a cielo abierto de residuos sólidos es una práctica prohibida.
- * Los transportistas y/u operadores de residuos deben estar habilitados y registrados ante DINAMA, según lo establecido en el Decreto 182/2013 (art.18 y 25).
- * El almacenamiento transitorio, plazo de almacenamiento y acondicionamiento y envasado de los residuos deben cumplir con lo establecido en el Decreto 182/2013 (arts. 15, 16 y 17).

A continuación se plantea el listado de los residuos que, de acuerdo al Catálogo de residuos sólidos industriales y asimilados generado por DINAMA, se deben considerar en las actividades de establecimientos lecheros.

En los casos de establecimientos con una capacidad mayor o igual a 500 cabezas de ganado destinadas a una misma sala de ordeño deben presentar un Plan de Gestión de Residuos Sólidos (PGRS) para su aprobación por la DINAMA. En los otros casos se debe contar con este PGRS pero no se requiere la aprobación de DINAMA.

4.1. Listado de residuos

De acuerdo a lo establecido en Catálogo de Residuos Sólidos Industriales y Asimilados (DINAMA, 2014), los residuos más significativos de los tambos se pueden dividir en dos categorías.

Residuos categoría I (peligrosos)

- 14101. Restos de productos rodenticidas
- 14102. Restos de productos zoterápicos (medicamentos)
- 14103. Restos de productos químicos y reactivos
- 14107. Residuos de atención veterinaria (jeringas, pomos de secado)
- 14111. Animales muertos por enfermedades infecciosas
- Categoría 9999. Residuos generados en las tareas de mantenimiento de los vehículos de la empresa: aceite usado, filtros de aceite y baterías plomo ácido, residuos de tubos fluorescentes y lámparas conteniendo mercurio (lámparas bajo consumo)

Residuos categoría II (no peligrosos)

- 14104. Excretas de animales (estiércol, orina)
- 14105. Residuos de alimentos, camas
- 14106. Placentas generadas en el parto
- 14108. Residuos sólidos provenientes de las unidades de retención de sólidos, sedimentadores, etcétera
- 14109. Lodos resultantes del tratamiento de aguas residuales
- 14110. Animales muertos
- 14112. Leche de descarte
- 14113. Silo bolsa
- Categoría 9999- Envases de plásticos descontaminados (envases de agroquímicos con triple lavado), residuos sólidos de actividades de administración, cantina, etcétera (asimilables a domésticos), basura doméstica

Potenciales residuos generados en los establecimientos lecheros

Proceso de generación		Residuo generado
Tambo (Sala de espera, Playa de alimentación)	→	<ul style="list-style-type: none"> Excretas (Estiércol, orina, tierra, etc.) Leche de descarte
Manejo del rodeo lechero	→	<ul style="list-style-type: none"> Animales muertos * Animales muertos producto de enfermedades infecto-contagiosas
Unidades del sistema de gestión de efluentes y de su limpieza	→	<ul style="list-style-type: none"> Residuos sólidos provenientes de las unidades de retención de sólidos. Lodos/barros resultantes del tratamiento de aguas residuales
Atención veterinaria a los animales		<ul style="list-style-type: none"> *Envases de productos de atención veterinaria *Residuos provenientes de atención veterinaria (jeringas, ampollas, agujas, etc.)
Control de plagas y vectores	→	<ul style="list-style-type: none"> *Restos de rodenticidas *Restos de productos zooterápicos
Mantenimiento de maquinaria	→	<ul style="list-style-type: none"> Neumáticos fuera de uso *Aceites hidráulicos, lubricantes, de aislamiento filtros usados
Instalaciones de acopio y generación de alimentos	→	<ul style="list-style-type: none"> Residuos de alimentos Silo bolsas
Producción de cultivos	→	<ul style="list-style-type: none"> Envases de agroquímicos triple lavados *Restos de productos químicos y reactivos *Envases de agroquímicos sin triple lavado

*Residuos de categoría I

4.2. Gestión de los residuos listados

A continuación se establecen una serie de pautas para la gestión adecuada de cada residuo.

4.2.1. Excretas de animales (estiércol, orina)

Las excretas de animales, fundamentalmente estiércol y su mezcla con orina, son recolectadas en los barridos realizados en las playas de alimentación, en las playas de espera en aquellos establecimientos en los cuales se realiza el barrido previo a su lavado con agua. Las zonas de sombreado dentro del predio son un área de potencial acumulación de estiércol, por lo cual deben ser tenidas en cuenta en la gestión de este residuo. Estos materiales son recogidos con diferentes características de acuerdo a la época del año, ya que la humedad ambiente determina sobre todo su contenido de humedad y trae como consecuencia cambios muy importantes en el manejo del residuo.

Para este residuo se debe establecer un sitio de almacenamiento transitorio que sea impermeable, con canalizaciones del lixiviado hacia el sistema de gestión de efluentes. Finalmente debe preverse una disposición final, considerando la posibilidad de su valorización y/o tratamiento (por ejemplo: valorización energética, compostaje, etcétera).

4.2.1.1. Residuos sólidos generados en las unidades del sistema de gestión de efluentes

En este ítem se pueden diferenciar tres (3) tipos de residuos: los generados en las unidades desarenadoras del sistema de tratamiento, los generados en las unidades de separación de estiércol – pudiendo ocurrir que en el establecimiento se cuente con una sola de las dos unidades planteadas – y los decantados en la primera laguna del sistema de tratamiento.

Desarenadores

La cantidad de material separada en estas unidades depende de varios factores, tales como el material que conforma los caminos de animales existentes en el tambo y la época del año. De esta cantidad, aproximadamente el 50% está conformado por la mezcla de materiales pesados y el 50% restante por estiércol.

Este material es retirado desde los desarenadores con una humedad del orden del 70%. Este material debe ser sometido a un proceso de es-

currido en una zona específica, desde la cual los lixiviados sean conducidos hacia la planta de tratamiento. Finalmente, una vez escurrido, puede ser dispuesto al terreno cumpliendo las condiciones de vertido detalladas previamente.

Separadores de estiércol

Dentro de las unidades de separación de estiércol existen tres alternativas de acuerdo a lo que se haya definido para este proceso: separación por decantación natural en estercolero o laguna y separación por filtrado en tamiz o prensa.

i. Separación en estercolero

En caso de existir un desarenador previo, el material está compuesto fundamentalmente por estiércol y es retirado con una humedad no menor al 95%, por lo cual es imprescindible contar en la unidad con una zona de escurrido cuyos lixiviados sean conducidos hacia la propia unidad nuevamente. Esta zona puede estar ubicada a continuación del estercolero o en la zona aledaña al mismo, de manera tal de evitar maniobras de movimientos de este material en grandes distancias. Una vez escurrido al material debe ser apilado junto al generado en las playas de alimentación y/o espera para su vertido al terreno en las condiciones antes descritas.

ii. Separación por filtración

La diferencia entre los dos mecanismos planteados en el capítulo 4, tamiz estático y prensa extrusora, radica en la humedad con la cual se obtiene el material separado.

En el tamiz el material es obtenido con una humedad del orden del 90%, conteniendo líquidos libres y generando lixiviados, por lo que debe ser sometido a un escurrido antes de ser apilado para su estabilización. Para optimizar el escurrido se recomienda que el tamiz se use en conjunto con una zorra ubicada en la parte inferior del mismo, generando una etapa de escurrido del material previo a su traslado a la zona de apilado para su estabilización.

En la prensa extrusora el material es obtenido con una humedad del 70%, sin líquidos libres y sin generar lixiviados, pudiendo trasladarse de manera inmediata a la zona de apilado o directamente al destino final en el terreno en caso que las condiciones lo permitan.

Es muy importante recalcar la diferencia entre los volúmenes generados debido a la humedad contenida en el material, ya que 1000 litros de material con 90% de humedad corresponden a 340 litros de material con un 70% de humedad.

Se trata de una ventaja del sistema de prensado, ya que un menor volumen permite disminuir notoriamente los costos asociados al manejo del material a la zona de apilado y a la disposición final al terreno.

iii. Laguna de sedimentación

La unidad debe contar con el tamaño adecuado para acumular una cantidad suficiente de material tal que permita su limpieza en los meses de verano, para simplificar el manejo posterior del material a disponer.

Esta limpieza dará lugar a una cantidad significativa de material a disponer al terreno, por lo cual se debe tener en cuenta la superficie necesaria para su disposición, de acuerdo al contenido de materia orgánica y nutrientes de la mezcla contenida en la laguna.

Una práctica consiste en utilizar equipos que realizan el mezclado de la unidad de tratamiento y/o almacenamiento y bombean el contenido hacia una cisterna estercolera con la cual realizan el vertido al terreno, teniendo en cuenta la superficie a cubrir y de acuerdo a los balances correspondientes. Esta tarea se realiza las veces que sea necesario hasta quitar la mayor parte del material acumulado. En este caso se debe generar una muestra del material a disponer para determinar en base a un análisis de nutrientes la carga (Kg de Nutriente/L de material) y en función de esto definir la superficie a utilizar y la rotación de parcelas.

4.2.1.2 Apilado y aplicación del estiércol

De acuerdo a la época del año, las condiciones climáticas y las características del suelo, se determina la posibilidad de realizar la disposición final del residuo al terreno. En general es muy complejo realizar esta disposición durante el otoño e invierno, dada la dificultad de acceso a los potreros (parcelas) fundamentalmente por las condiciones climáticas y del suelo.

La práctica habitual es generar el apilado del material hasta los meses de verano, en los cuales la aplicación es factible, por lo que es fundamental tener en cuenta la rotación de cultivos y el estado del suelo.

■ La zona de apilado de estiércol (foto 21) debe:

- * Ubicarse en una zona de terreno impermeabilizada, lo cual se logra a través del agregado de una capa de material arcilloso de 30 cm y su apisonamiento hasta conseguir que la conductividad hidráulica de la zona sea menor a 10^{-7} cm/s;
- * Contar con una pendiente, no menor al 1%, que permita conducción de los lixiviados hacia la planta de tratamiento de efluentes, y
- * Tomar medidas para la reducción del potencial de atracción de vectores y generación de olores.



21. Zona de apilado de estiércol

Para que el estiércol sea considerado un mejorador de suelo debe permanecer en la zona de apilado durante un tiempo prudencial³ para lograr su estabilización. Este tiempo depende de varios factores: humedad inicial del producto apilado, momento del año en el cual comienza el apilado, componentes de la mezcla, entre otros.

³ El período mínimo de almacenamiento recomendable en base a la experiencia de los autores es de tres meses

Lograda esta estabilización, al incorporar el producto obtenido al suelo éste debe modificar favorablemente sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas a través del aporte de nutrientes, del aumento del contenido de materia orgánica y de la mejora en las propiedades de estructura, drenaje, aireación y/o retención de agua. Por todo esto se recomienda que el estiércol sea utilizado con esos fines. Para la aplicación del estiércol en terreno, éste mismo debe cumplir con lo establecido en el Decreto 182/2013 del 20/06/2013 (arts. 26 y 30).

■ Para llevar adelante dicha aplicación se debe:

- * No favorecer la transferencia de contaminantes a las aguas subterráneas tomando en cuenta las características del suelo.
- * No aplicar en zonas inundables y en zonas donde la topografía favorezca el arrastre de residuos por aguas de lluvia.
- * Definir la tasa y frecuencia de aplicación, de acuerdo a las características del tipo de suelo, del predio y del uso actual o potencial que se le dará al mismo. La tasa de aplicación se define en función de las tasas agronómicas, para ello es necesario la realización de balance de nutrientes y balance hídrico.
- * Definir la técnica de incorporación del residuo al suelo.
- * Tomar en cuenta la distancia mínima de 50 m a la línea de ribera del curso-cuerpo de agua más cercano o de cualquier pozo de toma de agua.
- * Tomar medidas para reducción del potencial de atracción de vectores y la generación de olores.
- * Definir el uso del suelo, especificando, si corresponde, la especie plantada y fecha de siembra o plantación.
- * Establecer un plan de monitoreo y control del suelo en donde se aplican los residuos.
- * Verificar que en los predios seleccionados para la aplicación no existe extracción actual y/o potencial de agua para consumo humano en forma masiva.
- * Contar al momento de iniciar la disposición con la autorización expresa del propietario del predio para la realización de las actividades propuestas.

La aplicación del efluente final y la disposición final del estiércol en terreno son actividades que deben ser consideradas en conjunto en el balance de nutrientes si se pretende realizarlas en la misma área en forma simultánea (entendiéndose por simultánea dentro del mismo período de rotación).

Si bien existen diversas formas de esparcir este material al terreno, es recomendable el uso de equipos estercoleros que se acoplan al tractor y utilizan su toma de fuerza para dar lugar a la rotación de los aspersores verticales que forman parte del equipo.



Esparcidor de estiércol

4.2.1.3 Opciones de revalorización de estos residuos

Compostaje

El compostaje es un proceso de estabilización basado en una descomposición aerobia de los materiales orgánicos contenidos en el residuo. El material resultante del proceso está estabilizado, sanitizado y tiene un alto contenido de sustancias húmicas, de manera tal que puede aplicarse como mejorador de suelo.

La diferencia con el proceso de apilado es que la etapa de degradación se genera en condiciones aeróbicas, por lo cual necesita de la aireación de las pilas por volteo o de la introducción de aire forzado, dando lugar a una operativa que requiere de mayor mano de obra e inversión respecto al apilado, si bien el producto obtenido es de mayor calidad.

Biodigestión

La biodigestión es un proceso biológico desarrollado por microorganismos que trabajan en ausencia de oxígeno transformando la materia orgánica contenida en el residuo en biogás, dando lugar a un lodo biológico rico en nutrientes que está formado por el material no fermentado y por el material inorgánico. El biogás está compuesto principalmente por metano (CH_4), anhídrido carbónico (CO_2) y vapor de agua, además de pequeñas concentraciones de otros gases.

El proceso biológico es básicamente el mismo que ocurre en el apilado de estiércol, solo que la biodigestión es un proceso más controlado, que requiere el empleo de contenedores cerrados (biodigestores) con algún tipo de mezcla, así como un quemador para el biogás generado.

Para que el proceso de biodigestión sea eficiente se deben considerar las siguientes recomendaciones: trabajar sobre el sólido separado en el proceso de tratamiento con no menos del 8 a 10% de materia seca normalmente implica el agregado de otros componentes para enriquecer la mezcla a fermentar, y en estaciones frías del año se requiere de una fuente de energía (la cual muchas veces proviene del propio gas generado en el proceso) para calentar al digestor a una temperatura tal que asegure mantener la eficiencia de los procesos biológicos.

4.2.2 Residuos de alimentos, camas

Los residuos de alimentos tienen varios orígenes: en las zonas de almacenamiento del alimento, en los comederos de la playa de alimentación y en la sala de ordeño.

Las camas usadas para los animales están conformadas por materiales de diferentes tipos y son retiradas cuando el nivel de suciedad obliga a su recambio.

Una alternativa es incorporar este residuo en una mezcla con el estiércol, de manera tal que sean apilados y sometidos al proceso de estabilización. Luego de esto podrá formar parte del residuo a ser incorporado al terreno como mejorador de suelo, tal como fuera descrito en el ítem anterior.

4.2.3. Lodos resultantes del tratamiento de aguas residuales extraídos de lagunas de tratamiento biológico

En caso que se cuente con lagunas de tratamiento biológico, en ellas se generará un lodo producto de dicha actividad. La cantidad de este lodo generado dependerá de la carga orgánica que llega a las lagunas, la cual a su vez depende en gran medida del sistema de generación de efluente, del tipo de lavado que se realice, de la existencia o no de un sistema de remoción de sólidos y del tipo de sistema, entre otros factores.

En forma general puede plantearse que la limpieza de estos lodos se recomienda realizar al cabo de un período aproximado de dos (2) años para las lagunas iniciales del sistema de tratamiento y entre cinco (5) y ocho (8) años para las lagunas finales del sistema. Dado el contenido de humedad de los lodos, estos pueden ser extraídos sin necesidad de recurrir a un vaciado de la laguna, ya que puede ser bombeado usando una bomba de diafragma “tipo sapo” y enviado a una cisterna estercolera para su disposición final al terreno.

Esta disposición final se recomienda que sea realizada teniendo en cuenta los mismos aspectos antes detallados para el material proveniente de las excretas de los animales, sobre la base del contenido de nitrógeno y fósforo del lodo y los requerimientos del suelo, determinando de esa forma el área necesaria para la disposición.

4.2.4. Restos de nylon de silo bolsa

Este material es recogido de las zonas de acumulación de comida y acopiado, en un sitio determinado para este fin (foto 22).



22. Zona de acumulación de restos de nylon

En el caso de que no se reutilice, deberá ser trasladado por empresas habilitadas hasta gestores autorizados para el procesamiento de este material, priorizando su reciclaje.

4.2.5. Animales muertos

Deben ser retirados del campo inmediatamente y colocados en una zona especialmente acondicionada para este fin, denominada cementerio o fosa de enterramiento.

La fosa de enterramiento debe ubicarse fuera de zonas inundables, evitando el ingreso por escurrimiento de pluviales a la fosa. Es necesario asegurar que la base sea impermeable (por ejemplo, con agregado de una capa de arcilla apisonada) y cercada para evitar la entrada de animales silvestres y/o domésticos.

Los animales serán colocados en la fosa con el agregado de cal para retener los ácidos generados en el proceso de descomposición y serán tapados con tierra. Luego se disponen capas sucesivas de tierra y cadáveres, finalizando con una cobertura completa con tierra que sobrepase el nivel del terreno, para facilitar el escurrido de agua de lluvia.

4.2.6. Leche de descarte

En caso de que la leche producida deba ser descartada, quedará sujeta a los criterios rectores establecidos en el Decreto 182/2013 (art.2º).

Se recomienda priorizar la recepción de la leche de descarte por parte de productores de productos lácteos y/o productores dedicados a la cría o engorde de cerdos o terneros, incluidos los del propio establecimiento.

En caso de no ser posible su valorización, deben evaluarse alternativas de tratamiento y disposición final, minimizando los efectos ambientales que de esta gestión puedan derivarse. Esto implica que la leche de descarte no podrá ser vertida en forma directa al terreno ni a curso de agua.

De esta forma la opción de gestión que debe adoptarse es la incorporación de la leche a la planta de tratamiento de efluentes del establecimiento. Esta tarea implica un almacenamiento transitorio en condiciones adecuadas y una dosificación al sistema de tratamiento que garantice el funcionamiento previsto en su diseño.

4.2.7. Residuos domésticos

Se trata de la basura generada en las actividades de las personas que habitan en el tambo y del personal. Estos residuos son recogidos en diferentes puntos del establecimiento y almacenados transitoriamente en bolsas plásticas hasta el momento de su disposición final.

Los destinos finales recomendados son:

- La localidad más cercana que cuente con sistema de recolección de la Intendencia correspondiente.
- El traslado directo hasta el relleno sanitario de la Intendencia correspondiente.

4.2.8. Restos de productos zoterápicos (medicamentos de uso veterinario)

Estos residuos son catalogados como residuos peligrosos y deben gestionarse de manera adecuada, minimizando la generación de obsoletos, a través de un adecuado manejo de los productos y los stocks.

Para la gestión de estos residuos se recomienda que al momento del uso, los envases sean descartados en una bolsa plástica o un tanque con tapa específicos para este tipo de envases. La bolsa debe ser almacenada en un lugar seguro, bajo techo y de ser posible bajo llave, hasta su traslado hacia los centros de acopio.

4.2.9. Residuos de atención veterinaria

Los implementos usados en la atención veterinaria, entre los cuales pueden destacarse las jeringas y los pomos de secado como los de mayor entidad, son residuos catalogados como peligrosos.

Para la gestión de estos residuos se recomienda que al momento del uso los envases sean descartados en un recipiente plástico tipo frasco utilizado en forma específica para este tipo de residuos. Dicho envase debe ser almacenado en un lugar seguro, bajo techo y de ser posible bajo llave, hasta su traslado hacia los centros de acopio.

4.2.10. Restos de productos químicos y reactivos

El uso de productos químicos y reactivos da lugar a dos tipos de residuos: los productos químicos en sí mismos y los envases con resto de estas sustancias.

Los restos de productos químicos que son obsoletos (prohibición de su utilización, fecha de vencimiento, etcétera) deben ser devueltos al proveedor para ser gestionados.

Los envases que se generan en el uso de productos en el establecimiento son de dos tipos:

- Envases de productos agroquímicos

Estos envases deben ser sometidos a un triple lavado, volcando el agua de enjuague al tanque pulverizador y ser perforados o cortados, separando las tapas para evitar su reutilización.

Se deben llevar a los centros de recepción o de acopio (distribuidor comercial y puntos de venta) los cuales están obligados a recibir estos residuos que, a su vez, deben formar parte de un plan de gestión aprobado por DINAMA (Decreto N°152/2013 art.4).

- Envases de productos químicos usados en tareas de limpieza y desinfección.

Los envases de los productos químicos usados en las tareas de limpieza y desinfección del establecimiento deben ser escurridos y enjuagados para el aprovechamiento total de los productos.

Asimismo, deben ser devueltos al distribuidor comercial y puntos de venta (en muchos casos son reutilizados para el mismo fin), de acuerdo a lo establecido en el Decreto N° 152/2013 (art.4).

4.2.11. Animales muertos por enfermedades infecciosas

Para este residuo generado en el momento de un brote infeccioso (MGAP, 2014) se deben seguir las indicaciones planteadas por el organismo competente, en este caso el Departamento de Servicios Ganaderos del MGAP.

De acuerdo al tipo de enfermedad y las características del brote, este organismo determina las acciones a seguir, definiendo entre ellas la forma de disponer los animales alcanzados por el brote.

4.2.12. Aceite usado

Al momento de llevarse adelante el cambio de aceite por mantenimiento de los vehículos se recomienda un escurrido a fondo del aceite

contenido en el filtro y su recuperación en contenedores adecuados, fundamentalmente tambores metálicos de 200 litros.

Estos tambores deben almacenarse en condiciones adecuadas, a saber: zona techada, sobre superficie impermeabilizada y con contención de eventuales derrames hasta el momento de su retiro por parte de empresas habilitadas para su transporte y autorizadas para su gestión. Por tratarse de un residuo definido como peligroso está prohibido su uso como lubricante de motosierras o para la impregnación de postes de madera en el establecimiento.

4.2.13. Filtros de aceite

Los filtros de aceite son generados al momento del cambio de aceite y deben ser correctamente escurridos hasta retirar la mayor parte posible del aceite, luego de lo cual deben ser inutilizados para evitar que los mismos sean reusados.

Se recomienda que estos filtros sean acondicionados en bolsas de residuos que contengan algún elemento de contención, aserrín o arena, por si ocurriera el volcado de algún resto de aceite que hubiese quedado dentro del filtro. Estas bolsas que contienen los filtros ya pretratados deben ser almacenadas en condiciones adecuadas, a saber: zona techada, sobre superficie impermeabilizada y con contención de eventuales derrames hasta el momento de su retiro por parte de empresas habilitadas para su transporte y autorizadas para su gestión.

4.2.14. Baterías plomo ácido

En caso de que las baterías sean cambiadas en el tambo, deben ser acumuladas en un sitio adecuado hasta su traslado al centro de venta. Asimismo, deben ser entregadas al proveedor (adherido al Plan Maestro Gestión de Baterías Plomo Ácido) para su adecuada gestión, el cual tiene la obligación de recibirlas.

4.2.15. Restos de productos rodenticidas

Las empresas están obligadas por el MGAP a generar un programa de control de plagas, por lo cual se generan residuos de los restos de rodenticidas que no fueron consumidos por los roedores.

Este tipo de programas de control de plagas son realizados habitualmente por empresas habilitadas ante el Ministerio de Salud Pública (MSP) y cuentan con programas que aseguran el adecuado manejo de

estos residuos una vez que son levantados en el tambo. En caso de que el manejo de estos productos sea llevado adelante por el propio propietario del establecimiento, se recomienda el agregado en las trampas del producto que haya sido consumido, sin retirar lo que haya sobrado desde la reposición anterior.

En todos los casos se debe evitar la llegada de estos residuos a los acopios de residuos no peligrosos y a las vías de conducción de efluentes del tambo.

4.2.16. Placentas generadas en el parto

Al nacer el ternero, la placenta es expulsada por el animal y una parte muy importante es consumida por la propia vaca que acaba de dar a luz. De esta forma, solo un mínimo fragmento de la misma queda en la zona de campo en la cual se produjo el parto. Una vez retirado el animal de esa zona, estos restos son rápidamente consumidos por los carroñeros típicos de nuestro campo: caranchos, zorros, comadrejas, etcétera. Es por esto que la placenta generada en los partos del establecimiento no forma parte de los residuos que deben gestionar los tamberos.

En caso de tratarse de animales infectados, se deben seguir para la gestión de la placenta las indicaciones planteadas por el organismo competente, en este caso el Departamento de Servicios Ganaderos del MGAP.

Tabla 8. Tipos de residuos generados en el establecimiento, categorías y destinos

Residuo	Categoría	Destino planteado
Excretas de animales (estiércol, orina)	II (NP)	Revalorización como mejorador de suelo
Residuos sólidos provenientes de las unidades de retención de sólidos, sedimentadores, etc.	II (NP)	Revalorización como mejorador de suelo
Restos de alimentos, camas	II (NP)	Revalorización como mejorador de suelo
Lodos resultantes del tratamiento de aguas residuales extraídos de lagunas de tratamiento biológico	II (NP)	Revalorización como mejorador de suelo
Restos de nylon de silo bolsa	II (NP)	Recuperación externa
Animales muertos	II (NP)	Enterramiento
Leche de descarte	II (NP)	Gestión de acuerdo a principios rectores
Residuos domésticos	II (NP)	Vertido a relleno sanitario
Restos de productos zoterápicos	I (P)	Gestión empresas autorizadas
Residuos de atención veterinaria	I (P)	Gestión empresas autorizadas
Restos de productos químicos y reactivos	I (P)	Gestión empresas autorizadas
Animales muertos por enfermedades infecciosas	I (P)	Gestión de acuerdo a directivas MGAP
Aceite usado	I (P)	Gestión empresas autorizadas
Filtros de aceite	I (P)	Gestión empresas autorizadas
Baterías plomo ácido	I (P)	Recuperación externa
Restos de productos rodenticidas	I (P)	Gestión empresas autorizadas
Placentas generadas en el parto	II (NP)	Gestión de acuerdo a directivas MGAP

Manejo eficiente del consumo de energía

5

En este capítulo se plantean recomendaciones para la gestión adecuada de los recursos energéticos en los procesos realizados en los establecimientos de producción lechera.

5.1. Consumo de energía en el tambo

Los procesos que tienen un uso más intensivo de la energía en los predios de producción lechera son los siguientes:

- Enfriamiento de la leche.
- Operación de la máquina de ordeño, por consumo de la bomba de vacío.
- Generación de agua caliente.
- Otros consumos: iluminación, bombas de agua, etcétera.

En tambos en los cuales no se han llevado adelante acciones referidas al aumento de la eficiencia en el consumo de energía existe un índice de consumo aproximado de 40 KWh/1000 litros de leche producidos (EUREM, 2013), sin considerar los consumos domésticos, si bien se trata de un índice que depende del establecimiento.

Tabla 9. Distribución de los consumos de energía en el tambo

Consumo	Porcentaje
Enfriamiento de leche	48%
Máquina de ordeño	24%
Generación de agua caliente	16%
Otros consumos	12%

Fuente: Eficiencia energética en el tambo EUREM 2013.

Si bien se trata de valores que pueden variar en cada establecimiento de acuerdo a la forma de trabajo y que dependen del tamaño del establecimiento, son datos que pueden tomarse como base para iniciar las acciones de mejora.

5.2. Propuestas de mejora por proceso

5.2.1. Enfriamiento de la leche

■ Entre las acciones que pueden ser realizadas para aumentar la eficiencia en el uso de la energía utilizada para el enfriamiento de la leche del establecimiento se recomienda:

- * Generar un proceso de pre enfriamiento de la leche antes del ingreso al sistema de enfriamiento, utilizando como fuente fría en un intercambiador de placas el agua subterránea. De esta forma se logra establecer una disminución de temperatura en la leche y, como consecuencia, un aumento en la eficiencia energética del proceso general de enfriamiento de la leche.
- * En el sistema de enfriamiento de leche existe una corriente caliente a la salida del refrigerante del compresor. Esta corriente, de alta temperatura, puede ser utilizada en un recuperador de calor, con agua fría a contracorriente, para disminuir su temperatura y, como consecuencia, el consumo de energía del compresor del sistema de frío.
- * Al quitarle parte del calor al refrigerante disminuye el requerimiento del sistema de frío para su compresión en el próximo ciclo de enfriamiento.

5.2.2. Calentamiento de agua

- Los usos del agua caliente en el establecimiento son, en resumen, los siguientes: lavado de la máquina de ordeño, lavado del tanque de frío y preparación de suplementos alimenticios.
- Si bien es una estimación, el consumo de agua caliente es de entre 7 y 8 litros por órgano de ordeño, sumado a un 2,5 a 5% del volumen del tanque de frío. De esta forma un tambo de 20 órganos y tanque de frío de 6.000 litros tendrá un consumo aproximado de 350 a 400 litros de agua caliente.
- Para disminuir la energía usada en el calentamiento, habitualmente realizado a través de un calefón eléctrico, se recomienda efectuar los procesos de precalentamiento del agua de pozo que han sido descritos en los ítems anteriores.

5.2.3. Otros

Otros consumos de energía eléctrica son:

- Iluminación.
- Bombeo de agua desde la perforación.
- Bombeo de agua para lavado del tambo (zonas sucias y zonas limpias).
- Operación de bomba de vacío.

■ Para disminuir los consumos de energía eléctrica, se recomienda:

- * Sustituir las luminarias incandescentes por luminarias eficientes.
- * Regular la potencia de las bombas: se utilizan en la extracción del agua subterránea y para la conducción del agua para la limpieza de las diferentes zonas del establecimiento, relevando las necesidades reales de bombeo.
- * Utilizar variadores de frecuencia en las bombas de vacío, permitiendo adecuar el funcionamiento de las mismas a las necesidades reales del establecimiento.
- * Utilizar ablandadores de agua; debido a que el agua habitualmente utilizada es de perforación, la dureza asociada a la fuente genera incrustaciones en las cañerías de agua del establecimiento, las que causan ineficiencias en el intercambio de calor de los recuperadores de energía, por lo cual la introducción de ablandadores de agua permite una mejora importante en dicho intercambio.

Estos equipos operan en forma automática y permiten la utilización de agua blanda en los procesos del tambo; además de la mejora en el uso de la energía debido a un adecuado intercambio de calor, esto da lugar a otras mejoras tales como el aumento de la vida útil de cañerías y equipos debido a que baja la posibilidad de roturas por debilitamiento de los materiales y el aumento de la eficiencia del detergente usado en los lavados, bajando los costos asociados a la compra de este insumo.

La microgeneración de energía es una de las últimas incorporaciones en materia de eficiencia energética y refiere a la instalación de fuentes alternativas de energía.

■ Se recomienda:

- * Paneles solares fotovoltaicos: la energía generada en el horario de trabajo se consumirá en el establecimiento y la energía excedente será entregada a la red de UTE, logrando un ingreso extra al vender esa energía a la red pública.
- * Para determinar su viabilidad económica se debe contar con el mapa solar de Uruguay, desde el cual se pueden obtener los índices de irradiación.
- * Aerogeneradores o generadores eólicos: permiten usar la energía generada en el horario de operación del tambo y entregan la energía excedente a la red de UTE.
- * Para determinar su viabilidad económica se debe contar con el mapa de vientos de Uruguay, desde el cual se pueden obtener los datos de viento de la zona en la que se localiza el establecimiento.

De acuerdo a la experiencia a nivel nacional en la implementación de estos procesos, cabe esperar los siguientes resultados de cada uno de los planteos anteriores:

- Enfriador de placas: el aumento en la eficiencia que se logra da lugar a un ahorro de energía esperado del orden del 25 a 30% del consumo original y el periodo de repago de la inversión es del orden de los dos años.
- Recuperador de calor: el aumento en la eficiencia que se logra da lugar a un ahorro de energía esperado del orden del 10% del consumo original y el periodo de repago es del orden de los tres años.
- Variador de velocidad de la bomba de vacío: da lugar a un ahorro de energía esperado del orden del 20% del consumo original y el periodo de repago de la inversión es del orden de los dos años.

Manejo de sustancias químicas en el tambo

6

6.1. Manejo de sustancias químicas en el tambo

En este capítulo se establecen las pautas para la gestión de sustancias químicas utilizadas en establecimientos productores de leche que pueden afectar al medio ambiente.

6.2. Elección de productos

Se debe cumplir con la legislación vigente, teniendo especial atención en utilizar aquellos productos que estén registrados en el MGAP, (MGAP, 2016).

■ Se recomienda:

- * Contar con asesoramiento técnico para la elección de los productos a utilizar, las dosis y el momento indicado para realizar cada aplicación.
- * Priorizar en la elección de un producto químico las siguientes características: efectividad, selectividad, toxicidad, poder residual, tiempo de espera, método de aplicación, disponibilidad en el mercado y precio.
- * Adquirir solamente envases originales con precinto de seguridad intacto, verificando la fecha de vencimiento y que el envase y la etiqueta estén en buenas condiciones. No aceptar el fraccionamiento en envases menores o el reenvasado.

6.3. Transporte al predio

Se debe cumplir con la legislación vigente, atendiendo especialmente el contenido del Decreto 560/03, Reglamento Nacional sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera, que establece requisitos para el transporte en rutas de jurisdicción nacional con la Legislación Nacional vigente.

■ Se recomienda:

- * No transportar agroquímicos en la cabina de los vehículos, tampoco conjuntamente con personas, animales, alimentos o ropa.
- * Transportar solamente envases cerrados.
- * Que el personal que cargue y descargue sustancias químicas cuente con la vestimenta y elementos de protección personal adecuados (guantes, camisa de mangas largas, delantal impermeable, botas, faja).

6.4. Almacenaje seguro en el predio

■ Se recomienda:

- * Almacenar únicamente envases que se encuentren en correcto estado, legalmente etiquetados y con los correspondientes precintos.
- * Solicitar al fabricante o proveedor la ficha de seguridad de los productos químicos y conservar las fichas en el establecimiento,
- * Contar con un protocolo que describa cómo actuar en caso de accidente y detalle los números telefónicos de contacto en caso de emergencia.

6.5. Manipulación de sustancias químicas

■ Se debe cumplir con la legislación vigente, atendiendo especialmente:

- * La reglamentación de aplicación aérea de productos fitosanitarios.
- * Las restricciones a la aplicación de productos fitosanitarios en zonas urbanas, suburbanas y centros poblados.
- * Las prohibiciones a las aplicaciones aéreas de productos fitosanitarios.
- * La necesidad de acreditación de idoneidad del personal de las empresas aplicadoras vinculadas a las tareas de manejo y aplicación de productos fitosanitarios.

■ Se recomienda:

- * Calibrar los equipos, examinar regularmente las boquillas, durante y después del uso.
- * Seguir las recomendaciones y precauciones para el uso de productos químicos sugeridas por el fabricante, que se encuentran en la etiqueta del producto.

6.6. Eliminación de envases vacíos

Se debe cumplir con la legislación vigente, considerando especialmente el Artículo 5 del Decreto reglamentario N° 152/013 (De los productores, aplicadores y tenedores): a) descontaminar los envases vacíos de los productos según lo que se establece en este Decreto y lo que el fabricante, formulador o importador indique en aplicación del plan correspondiente, b) entregar los envases vacíos a un centro de recepción o de acopio que forme parte de un plan de gestión aprobado por DINAMA, cumpliendo las pautas establecidas en este Decreto.

6.7. Elementos de Protección Personal (EPP)

■ Se recomienda:

- * Utilizar los elementos de protección personal de acuerdo a las recomendaciones establecidas en la etiqueta del producto a utilizar. Por ejemplo: lentes, guantes, máscara, delantal, traje impermeable completo, botas.
- * Utilizar prendas en buen estado; verificar, en caso de la utilización de máscaras, el estado de filtros, válvulas y arnés.
- * Establecer un espacio aislado y ventilado para guardar la ropa protectora y la ropa personal (armario o locker). El mismo no puede estar dentro del depósito de sustancias químicas.
- * Colocar los guantes por dentro de la manga del mameluco, cubriendo la muñeca, y las botas impermeables por debajo del mameluco o pantalón.
- * Utilizar un sombrero o gorro en especial cuando se manejen productos en polvo.

- * Al finalizar la tarea lavar los equipos de protección personal con agua y detergente y secarlos correctamente.
- * Capacitar al usuario en la correcta utilización y el mantenimiento de los equipos de protección personal.

Indicadores de gestión ambiental

7

7.1. Introducción

Los indicadores de gestión ambiental permiten presentar algunos datos ambientales significativos de un establecimiento.

Las principales funciones de los indicadores de gestión ambiental son las siguientes:

- Proporcionar datos esenciales para informes de desempeño ambiental.
- Detectar potenciales oportunidades de mejora.
- Identificar y establecer metas de desempeño medioambiental.
- Evaluar el impacto medioambiental del emprendimiento.

7.2. Definición de indicadores

Se plantean, como mínimo, los siguientes indicadores a los efectos de dar seguimiento al desempeño ambiental de un establecimiento.

7.2.1. Consumo específico de agua (C_{H_2O})

Indicador que se define en base al consumo de agua del establecimiento, medido a través de un caudalímetro o contador colocado en la entrada de agua, y a la leche producida en las actividades del tambo.

$$C_{H_2O} = \frac{\text{Agua consumida (L o m}^3\text{)}}{\text{Leche producida (L o m}^3\text{)}}$$

7.2.2. Consumo específico de energía eléctrica (C_{EE})

Indicador que se define en base al consumo de energía eléctrica del establecimiento, medido a través del contador o medidor de UTE existente, y a la leche producida en las actividades del tambo.

$$C_{EE} = \frac{\text{Energía eléctrica activa consumida (KWh)}}{\text{Leche producida (L)}}$$

7.2.3. Vertido específico de efluente tratado (V_{ET})

Indicador que se define en base al volumen de efluente tratado vertido y a la leche producida en las actividades del tambo. Debido a las dificultades que presenta la medida del volumen de efluente con un caudalímetro como el recomendado en el indicador de consumo de agua, se propone estimar el vertido de efluente en base a las horas de encendido del sistema de infiltración al terreno y el caudal instantáneo de bombeo. Las horas que el equipo se encuentra encendido se pueden medir colocando en la bomba un contador de horas de funcionamiento u horómetro.

Aforando el caudal del sistema de infiltración y multiplicando este caudal por las horas de funcionamiento se tiene el volumen vertido.

$$V_{ET} = \frac{\text{Horas encendido (h)} \times \text{Caudal vertido } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)}{\text{Leche producida (L)}}$$

7.2.4. Carga específica vertida de nitrógeno (V_N)

Indicador mediante el cual se cuantifica la carga de nitrógeno vertida en relación a la leche producida en las actividades del tambo en un período de tiempo. La carga vertida se obtiene a partir de la concentración de nitrógeno en el efluente tratado y el volumen de efluente tratado vertido al terreno.

$$V_N = \frac{\text{Horas encendido (h)} \times \text{Caudal vertido } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right) \text{ N eflu}}{\text{Leche producida (L)} \times 1000}$$

7.2.5. Carga específica vertida de Fósforo (V_p)

Indicador mediante el cual se cuantifica la carga de fósforo vertida en relación a la leche producida en las actividades del tambo en un período de tiempo. La carga vertida se obtiene a partir de la concentración de fósforo en el efluente tratado y el volumen de efluente tratado vertido al terreno.

$$V_p = \frac{\text{Horas encendido (h)} \times \text{Caudal vertido } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right) \text{ P eflu}}{\text{Leche producida (L)} \times 1000}$$

7.2.6. Generación específica de residuos sólidos (V_{RS})

Indicador que se define en base a la cantidad de residuos sólidos generados y a la leche producida por el establecimiento. En este sentido existe una dificultad importante en la ausencia de balanzas en la mayor parte de los establecimientos, por lo cual la generación del índice se puede realizar en función de estimaciones realizadas para cada una de las corrientes de residuos generados.

$$V_{RS} = \frac{\text{Residuos sólidos generados (Kg)}}{\text{Leche producida (L)}}$$

7.2.7. Vertido de material como mejorador de suelo (VMS)

Indicador que cuantifica las toneladas anuales del material que se disponen como mejorador de suelo en el terreno. Debido a que la gran mayoría de los establecimientos no cuentan con balanzas, se realiza una medida del volumen vertido, usando la capacidad de carga de los vehículos usados en el transporte para su vertido a terreno y los viajes realizados.

$$V_{MS} = \frac{\text{Material dispuesto al terreno (m}^3\text{/año)}}{\text{Leche producida (m}^3\text{/año)}}$$

7.2.8. Días de desborde del sistema de almacenamiento

Indicador, cuantificado en días por año, por medio del cual se mide el número de días en los cuales el sistema de almacenamiento de

efluente, previo a su vertido por infiltración, sufrió desbordes debido a la imposibilidad de llevar adelante el vertido adecuado. El objetivo de este índice es llegar a un valor nulo (0) de días de desborde por año.

Se recomienda medir mensualmente los indicadores de consumos, cargas específicas y volumen específico de efluente, y medir anualmente la generación específica de residuos y el vertido de material como mejorador de suelo.

7.3. Lista de chequeo

A modo de complemento de los indicadores mencionados, es posible establecer una lista de chequeo para verificar que el establecimiento cuenta con algunos elementos básicos para una gestión ambiental adecuada.

	Ítem	Si	No
Perforaciones	Cuenta con perforaciones registradas		
	Cuenta con perforaciones protegidas		
Gestión de efluentes	Cuenta con unidad de separación gruesa (reja)		
	Cuenta con desarenador		
	Cuenta con sistema de separación de estiércol		
	Cuenta con sistema de almacenamiento de efluente		
	Correcta ubicación de sistema de almacenamiento respecto a cursos y pozos		
	Cuenta con sistema de aplicación de efluente a terreno		
	Correcta ubicación de zona de infiltración		
	Cuenta con registros de horas de infiltración		
	Realiza reúso de efluente tratado		
	Gestión de residuos sólidos	Cuenta con registros de movimientos de residuos sólidos	
Realiza triple lavado a envases de agroquímicos			
Cuenta con maquinaria para esparcir materiales a terreno			

Marco Normativo

8

Marco legal vigente

Ley N°16.466/94: Ley de Evaluación de Impacto Ambiental.

Ley N°17.283/00: Ley General de Protección del Medio Ambiente.

Ley N°18.308/08: Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible.

Ley N°15.939/88: Ley Forestal.

Decreto 349/05: Reglamentario de la Ley de Impacto Ambiental N°16.466.

8.1. Gestión del Agua en el Establecimiento

Ley N°14859: Código de Aguas

Decreto 86/04: Normas Técnicas de Construcción de Pozos para Captación de Agua Subterránea.

8.2. Gestión de efluentes líquidos

Ley N°18564: Conservación uso y manejo adecuado de los suelos y aguas

Ley N°15239: Conservación y recuperación de suelos

Decreto 253/79: Control de las Aguas

Decreto 405/08: Uso responsable y Sostenible de suelos

8.3. Gestión de residuos sólidos.

Decreto 182/013: Gestión ambientalmente adecuada de residuos derivados de actividades industriales y asimilables.

Decreto 152/013: Gestión ambientalmente adecuada de residuos derivados del uso de productos químicos o biológicos en producción animal y vegetal.

Decreto N° 373/003: Gestión de las baterías de plomo y ácido usadas o a ser desechadas.

Resolución Ministerial 1708/13, MVOTMA: Establece las actividades comprendidas en el Decreto 182/013 que requieren aprobación del Plan de Gestión de Residuos Sólidos por parte de la DINAMA, y los criterios de clasificación de los grandes y medianos generadores.

Resolución Ministerial 1037/14, MVOTMA: Establece el formulario que deberá presentarse a efectos de solicitar la habilitación de transporte.

Resolución Dirección Nacional de Medio Ambiente 0266/14: aprobación del catálogo de residuos sólidos industriales y asimilados.

Resolución Dirección Nacional de Medio Ambiente 207/15: formato del formulario y cronograma de presentación de la DJRS para 2014

8.4. Manejo de sustancias químicas

Decretos 149/977 y 160/997: Registro y venta de productos.

Decreto 560/03: Reglamento Nacional sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera.

Decreto 457/001 y 264/004 y Resoluciones Ministeriales, MGAP, S/N 14/5/2004, S/N 17/11/2008, N°129 02/2008, N°53 23/10/2008: Reglamento de aplicación de productos fitosanitarios.

8.5. Cuenca Santa Lucía

Para aquellos establecimientos sobre la Cuenca del Río Santa Lucía aplica normativa específica que se presenta a continuación.

Medidas del plan de acción para la protección de la calidad ambiental y la disponibilidad de las fuentes de agua potable.

Medida 3: Control de la Aplicación de Nutrientes.

Medida 5: Tratamiento de y Manejo Obligatorio de Efluentes.

Medida 8: Zona de Amortiguación.

Resolución Ministerial, MVOTMA 1479/013: Solicitud de Autorización de Desagüe.

Resolución Ministerial, MGAP, N° 159/015: Presentación Obligatoria de Planes de Uso de Suelo.

Resolución Ministerial (MVOTMA) 229/015: Franja de Amortiguación.

Bibliografía

- ACA, ANII, INIA, LATU y Facultad de Agronomía – UdelaR, 2013. *Guía de Buenas Prácticas en el Cultivo de Arroz en Uruguay*. Montevideo: ACA, ANII, INIA, LATU y Facultad de Agronomía – UdelaR
- Charlon, V. et. al., 2005. *El agua en el tambo*. [En línea]. Buenos Aires: Aprocal. [Consulta: 20 de noviembre de 2015] Disponible en: http://www.aprocal.com.ar/wp-content/uploads/El_agua_en_el_tambo.pdf
- CONAPROLE, 2013. *Proyecto Fomin. Eficiencia energética en el tambo*. Montevideo: CONAPROLE
- DINAMA e IMFIA, 2008. *Guía de gestión integral de aguas en establecimientos lecheros*. Montevideo: DINAMA
- MGAP, 2010. *Manual para la habilitación y refrendación de establecimientos productores de leche y queserías artesanales*. Montevideo: MGAP
- MGAP, 2013a. *Guía de buenas prácticas para sistemas con agricultura de secano en Uruguay*. Montevideo: MGAP
- MGAP, 2013b. *Manual de medidas exigibles para cultivos: instructivo para la elaboración y presentación de planes de uso y manejo responsable de suelos*. Montevideo: MGAP
- MGAP, 2014. *Guía de buenas prácticas agrícolas para la producción de frutas y hortalizas frescas en Uruguay*. Montevideo: MGAP
- Taverna, M. et. al., 1999. *Uso racional del agua como práctica para disminuir los efluentes generados en el tambo*. [En línea]. Rafaela: INTA. . [Consulta: 30 de noviembre de 2015] Disponible en: <http://rafaela.inta.gov.ar/revistas/pxx10799.htm>
- OSE, 2006. *Norma interna de calidad de agua potable* [En línea]. Montevideo: OSE. [Consulta: 22 de febrero de 2016]. Disponible en: http://www.ose.com.uy/descargas/reclutamiento/norma_interna_de_calidad_agua_potable_de_OSE.pdf
- WWF, 2012. *Huella hídrica*. [En línea]. [Consulta: 15 de enero de 2016]. Disponible en: <http://wwf.panda.org>
- DINAMA, 2014. *Catálogo de Residuos Sólidos Industriales y Asimilados*. Montevideo: DINAMA.

MGAP, 2014. *Actualización lista de enfermedades de animales de notificación obligatoria*. [En línea]. Montevideo: MGAP. [Consulta: 29 de febrero de 2016]. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/afiledownload.aspx?2,6,31,O,S,o,12932%3bS%3b1%3b86>.

MGAP, 2016. *Consulta de Productos Fitosanitarios*. [En línea]. Montevideo: MGAP. [Consulta: 29 de febrero de 2016]. Disponible en: www.mgap.gub.uy/profit/wwproductos.aspx

Glosario

Agua potable - Agua apta para consumo humano que no representa riesgos significativos para la salud o rechazo del consumidor, durante toda su vida.

Aguas sucias - Aguas residuales generadas en las zonas sucias del tambo.

Balance hídrico en sistema de almacenamiento- Balance de agua en el sistema de almacenamiento que tiene en cuenta los diferentes aportes, precipitaciones, evaporación y aporte y retiro de efluentes, para establecer sus dimensiones.

Balance hídrico en suelo- Balance de agua en el suelo que tiene en cuenta los diferentes aportes, precipitaciones, evaporación y disposición de efluente, para establecer las pautas de infiltración que permitan no generar impactos en el entorno.

Balance de nutrientes en suelo- Balance de nutrientes, nitrógeno y fósforo, en el suelo de la zona a infiltrar que tiene en cuenta los diferentes aportes y extracciones de los mismos con el fin de establecer las pautas de vertido para evitar el excesivo enriquecimiento del suelo con estos elementos.

Biocidas - sustancia destinada a destruir, neutralizar, impedir la acción o ejercer control de otro tipo sobre cualquier microorganismo por medios químicos o biológicos.

Capacidad de campo - Cantidad de agua máxima que el suelo puede retener, medidas a las 48 horas después de una lluvia o riego (el contenido de agua continua descendiendo a medida que pasa el tiempo).

Caracterización de suelo - Análisis de diferentes aspectos, químicos, de estructura, de permeabilidad, microbiológicos, etc., de terreno que permiten definir si la zona es apta para disponer efluente en la misma.

Colmatación - Se dice que una laguna está colmatada cuando su contenido está conformado fundamentalmente por sólidos decantados, lo cual determina problemas en la circulación de agua por la unidad e inhibe la actividad normal en la unidad de tratamiento.

Cisterna estercolera - Equipamiento móvil para succión, transporte y aplicación de efluentes al terreno.

Efluente - Agua residual generada en el establecimiento producto de los lavados de las diferentes zonas del establecimiento.

Eutrofización - Enriquecimiento de cursos de agua y/o lagunas con nutrientes (nitrógeno y fósforo), generando la proliferación de algas y micro algas, perjudicando al ecosistema de dichos cursos.

Fósforo Bray - Fracción de fósforo inorgánico disponible para los vegetales. Determinado por el método Bray

Residuo sólido - Toda sustancia, objeto o materia del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención o la obligación de desprenderse. Incluyen todo residuo o desecho en fase sólida o semisólida que por sus características no puede ser ingresado en un sistema de tratamiento convencional.

Zampeado – Cota vertical de la parte inferior de una cañería, la que por ejemplo en una laguna determina la altura mínima del pelo de agua de la unidad de tratamiento.

Zonas sucias – Zonas de las instalaciones del tambo que no son críticas para definir la calidad del producto del tambo, por ejemplo sala o explanada de espera y/o playas de alimentación del ganado. Son zonas que permiten, para cierta calidad de agua tratada, utilizar la misma para su limpieza.

Zonas limpias – Zonas de las instalaciones del tambo críticas para definir la calidad de la leche y cuya higiene debe realizarse con agua potable, por ejemplo sala de ordeño y sala de máquinas.

Zona recarga acuífero - Zona de la cuenca hidrográfica en la cual debido a sus condiciones climatológicas, geológicas y topográficas, la precipitación que infiltra en el suelo recarga el acuífero.

