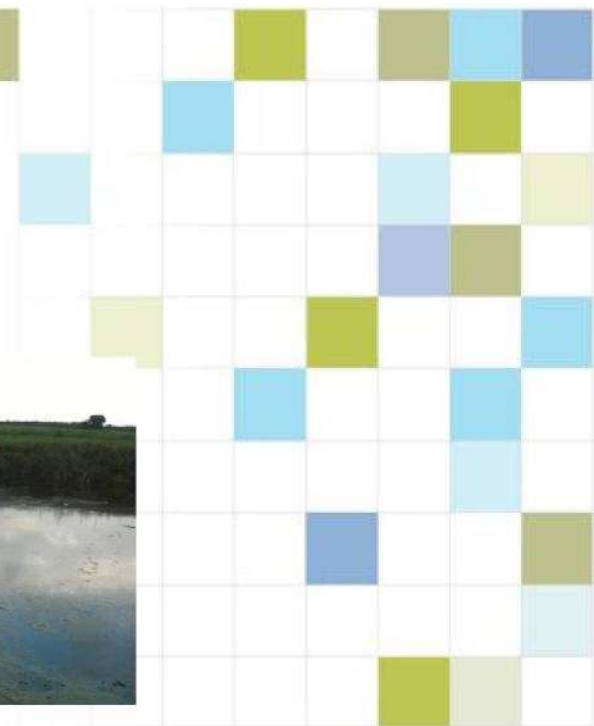


Manejo de efluentes de la lechería en Uruguay: resumen de los hallazgos y recomendaciones para futuras mejoras

RE500/2015/029

Abril de 2015

New Zealand's science. New Zealand's future.



Resumen sobre el manejo de efluentes de los tambos en Uruguay y recomendaciones para futuras mejoras

Informe preparado para INALE, Uruguay

Abril de 2015

David J Houlbrooke

Descargos frente a reclamos: Si bien se han tomado todos los recaudos razonables para asegurar la exactitud de las investigaciones y la información que se incluye en este informe, AgResearch deslinda toda responsabilidad frente a reclamos legales o de cualquier índole que puedan derivarse de la interpretación o uso del mismo.

Contenido

| | |
|--|----|
| 1. Resumen | 4 |
| 2. El objetivo de la visita | 5 |
| 3. Prácticas de Manejo de Efluentes en Nueva Zelanda | 5 |
| 4. Observaciones producto de visitas al campo e intercambios en Uruguay..... | 6 |
| 4.1 Eliminación – más que utilización - de los efluentes | 6 |
| 4.2 Calidad de la infraestructura y el manejo | 9 |
| 4.3 Riesgo según el tipo de suelo..... | 12 |
| 5. Recomendaciones básicas..... | 13 |
| 5.1 Recolectar y centralizar todas las fuentes de efluentes | 13 |
| 5.2 Manejo de efluentes de tambo incluyendo aplicación al campo..... | 14 |
| 5.3 Incluir las piletas con el sistema de almacenaje..... | 14 |
| 6. Opciones de Manejo | 15 |
| 6.1 Regadores móviles..... | 15 |
| 6.2 Aspersores de bajo caudal | 18 |
| 6.3 Tanques estercoleros para efluentes brutos..... | 19 |
| 6.4 Manejo de los sólidos | 21 |
| 7. Conclusiones para definir un plan de acción | 22 |
| 7.1 Definir y acordar sobre los estándares para las buenas prácticas de manejo | 22 |
| 7.2 Evaluación económica | 22 |
| 7.3 Desarrollo de políticas | 22 |
| 7.4 Control del cumplimiento | 22 |
| 7.5 Herramientas de orientación al productor..... | 23 |
| 7.6 Validación de la investigación..... | 23 |
| 7.7 Establecer una red de proveedores de servicios..... | 23 |
| 7.8 Visita de una delegación a Nueva Zelanda..... | 23 |
| 8. Próximo paso | 24 |
| 9. Agradecimientos..... | 24 |
| 10. Referencias | 25 |

1. Resumen

En el mes de febrero de 2015 se realizó una visita de consultoría al Uruguay de una semana de duración, a los efectos de evaluar las prácticas actuales de manejo de efluentes de los tambos de dicho país. Como parte de este diagnóstico, se realizaron recomendaciones tanto a las principales industrias del ramo como a las reparticiones del gobierno involucradas. Las principales observaciones resultantes de la visita concluyeron que los efluentes de los tambos son más bien “eliminados¹” que utilizados por su valor en nutrientes; la calidad y manejo de la infraestructura no resulta suficiente para recolectar y centralizar los efluentes generados; la mayoría de los tambos en Uruguay funcionan sobre suelos arcillosos con mal drenaje que pueden resultar complicados para el tratamiento del suelo si no se instauran las prácticas e infraestructuras apropiadas.

Se recomienda a las reparticiones del estado uruguayo, así como a los empresarios del sector lechero, que abandonen el vertido en piletas de tratamiento y que adopten sistemas de tratamiento del campo para los efluentes de los tambos. Con el fin de mejorar la calidad del agua, se deben realizar los máximos esfuerzos para ir eliminando la descarga de efluentes de manera focalizada y concentrada. Con ello se lograría una significativa reducción de la proporción de nutrientes solubles y microbios fecales que llegan al agua. Por el contrario, con un buen manejo orientado a la correcta aplicación de los efluentes de tambo al campo, se lograría minimizar el desplazamiento de posibles contaminantes y, en cambio, proporcionar una fuente de nutrientes para que las plantas absorban. Esto ofrece una solución incentivadora a los productores, ya que les permite hasta cierto punto recuperar la inversión en infraestructura a través de la utilización de los nutrientes de los efluentes como fertilizante y en la mejora de la calidad del agua.

Dada la gran difusión en Uruguay de las piletas para tratamiento de efluentes, como primera medida para mejorar el manejo de los mismos, se recomienda aprovechar dichas piletas como capacidad de almacenaje del efluente de manera de poder programar el riego evitando hacerlo en períodos lluviosos en que el suelo se encuentre saturado. De manera alternativa, como medida inicial, se podría contratar el servicio de vaciado de las piletas y distribución del efluente en fase lodo mediante tanques estercoleros diseñados para ello. Mi recomendación para los tambos en Uruguay sería, en primer lugar, usar la separación de sólidos derivando la fase líquida a las piletas existentes, usándolas como reserva, para luego aplicarlo al campo mediante el riego con aspersores de bajo caudal debido al riesgo generado por el mal drenaje de la mayoría de los suelos.

Los más rápidos avances para establecer buenas prácticas de manejo en Nueva Zelanda se obtuvieron cuando trabajaron de manera coordinada la industria láctea con las autoridades

¹ NT: Descartados como residuos
Informe preparado para Inale
Recomendaciones para el manejo de efluentes de establecimientos lecheros en Uruguay

que definen las normas de manera de transmitir mensajes consistentes a los productores de las medidas sugeridas, y dando el apoyo técnico necesario específico para cada establecimiento. Yo recomiendo la conformación de un grupo de acción multi institucional que en conjunto defina las buenas prácticas de manejo de efluentes para el Uruguay y que determine la investigación necesaria, las políticas, el cumplimiento y la difusión de los requerimientos para apoyar a todo el proceso que requiere este cambio de manejo.

2. El objetivo de la visita

Mi viaje fue financiado por INALE (Instituto Uruguayo de la Leche) y la Embajada de Nueva Zelanda en Buenos Aires (Ministerio de Relaciones y Comercio Exterior) para realizar una visita de consultoría a Uruguay. El objetivo de la misma fue analizar las prácticas existentes referidas al manejo de efluentes en los tambos uruguayos y realizar recomendaciones, tanto al sector lácteo como a las principales reparticiones del Estado sugiriendo la dirección a seguir en el tema que se aplique a ese país en particular. Como especialista en suelos, llevo 14 años trabajando en investigación sobre la aplicación de efluentes de tambos al campo, con énfasis en el manejo de nutrientes y resultados en la calidad de agua. Actualmente me desempeño como el Jefe del Equipo Científico de AgResearch (New Zealand Crown Research Institute) que trabaja en el proyecto La Huella Ambiental y Manejo de Nutrientes (Nutrient Management and Environmental Footprinting).

3. Prácticas de Manejo de Efluentes en Nueva Zelanda

Este informe no pretende dar una descripción detallada del manejo de efluentes de los tambos en Nueva Zelanda. Ya he proporcionado detalles del enfoque que se aplica en Nueva Zelanda sobre este tema como parte de mis presentaciones en INALE durante mi estadía en Montevideo. Por más información se puede consultar las siguientes publicaciones; DairyNZ 2015, DEC Manuel 2006, Houlbrooke y col. 2004 a & b, Houlbrooke y col. 2008, Houlbrooke y Monaghan 2010, Houlbrooke y col. 2011, Laurenson y Houlbrooke 2014, McLeod y col. 2008, Monaghan y Smith 2010, Monaghan y col. 2010, Muirhead y col. 2008. En algunas secciones de este informe se hace referencia a algunos aspectos específicos relacionados al enfoque que se aplica en Nueva Zelanda. En resumen, Nueva Zelanda adoptó el actual manejo luego de la promulgación de la Ley sobre el Manejo de los Recursos (Resource Management Act) en 1991. Gracias a ese cambio efectuado hace 25 años, el país cuenta ahora con muy buena investigación y un panorama muy acabado de lo que representan las buenas prácticas de manejo.

Esta comprensión del tema ha ido de la mano de políticas regulatorias acordes y de un liderazgo y aplicación de normas del sector lácteo que apoyan a los productores en su adopción de buenas prácticas específicamente apropiadas para cada tambo individual. Ahora Nueva Zelanda posee un enfoque bien integrado que propende al buen cumplimiento del

sistema, cada día del año, dando asesoramiento a nivel de predio de los estándares acordados para el sector. Estos estándares son apoyados por los Consejos Regionales (Regional Councils) (autoridades rectoras) que se dedican a establecer políticas basadas en resultados y controlar su cumplimiento. Los estándares establecidos en el Código de Prácticas (Code of Practice) para instaladores y diseñadores de sistemas para efluentes de tambos se basan en la investigación que determina el grado de riesgo que implica el tratamiento de efluentes lácteos bajo diferentes climas, topografías y características de los suelos.

El cambio más rápido en inversión por parte del productor en el tema infraestructura y adopción de buenas prácticas para el manejo de efluentes de tambos tuvo lugar gracias al trabajo conjunto y coordinado del sector lácteo y las autoridades oficiales esforzándose en transmitir mensajes y asesoramiento muy consistentes.

Vale la pena contemplar cómo contribuyen los efluentes de tambos al impacto ambiental en el contexto del manejo integral de la fertilidad del predio. En Nueva Zelanda, se estima que el efluente de tambos representa menos del 10% de la carga diaria de nutrientes que se incorpora a las pasturas, proviniendo el resto directamente de la excreta de los animales. La carga de nutrientes de las excretas que se deposita en el campo suele ser la principal causa de pérdidas por lixiviado de N en Nueva Zelanda (Di y Cameron 2002, Ledgard y col. 1999). Sin embargo, esa proporción puede diferir en los sistemas de producción del Uruguay y se la debería estimar.

4. Observaciones producto de visitas al campo e intercambios en Uruguay.

Se realizó una recorrida con visitas a tambos de la Cuenca del Santa Lucía, al norte de Montevideo, que resultó una excelente oportunidad de obtener un buen panorama de las prácticas y actitudes de los productores en relación al tema manejo de efluentes, así como de analizar el tema con varios institutos del país. A continuación se comentan una serie de observaciones que surgen de dicha recorrida.

4.1 Eliminación – más que utilización - de los efluentes

El manejo de efluentes en Uruguay se hace mayormente a través de una secuencia de piletas de tratamientos (anaeróbicas y aeróbicas) seguida de la descarga directa a aguas superficiales o a eventuales drenajes que, de última vierten a los cauces nutrientes solubles, DBO y microorganismos fecales (Figuras 1 y 2). En muchos casos las piletas resultaban insuficientes para procesar las grandes cantidades de sólidos que reciben (en la primer laguna); es probable que hayan aumentado al incrementarse la cantidad de vacas de los rodeos y el agregado de playas de comida.



Figura 1. Tercera pileta de un sistema de múltiples piletas de tratamiento.



Figura 2. Descarga de efluentes que fluye por un drenaje dentro de una parcela de pastoreo.

En dos predios se observó la práctica de distribución de efluentes al campo. Sin embargo, la infraestructura y los sistemas distaban de las buenas prácticas tal cual se conciben en Nueva Zelanda. En uno de los casos, la descarga se realizaba directamente mediante un caño abierto, una práctica que genera altos riesgos de pérdidas por escurrimiento superficial y potenciales grandes pérdidas por flujo preferentemente por zonas declive (Figura 3). En un caso inspeccionado se constataron vías de escurrimiento superficial que confluían al salir de la parcela de pastoreo (Figura 4). En el segundo caso había un regador que esparcía el efluente en un área mayor que un caño abierto, disminuyendo así el riesgo ambiental. Sin embargo, al aplicar altas cargas y al no desplazarse el aplicador (como sería habitual) podría implicar un alto riesgo de saturación en un punto y escurrimiento superficial en caso de pendientes, y un mayor riesgo de lixiviado desde zonas con alta carga de efluentes (Figura 5). En ambos casos los sistemas presentan dificultades inherentes para el manejo y distribución espacial de los nutrientes con agua a lo largo del campo, lo que constituye un elemento clave para el correcto uso del efluente para aprovechar su valor como fertilizante.



Figura 3. Vertido del efluente del tambo mediante un caño abierto



Figura 4. Escurrimiento superficial a lo largo de una parcela producto del vertido al campo mediante un caño abierto.



Figura 5. Riego de efluentes con un regador estático de alto caudal.

Si bien se constató que los productores reconocen efectivamente el valor nutricional de la fase líquida de los efluentes del tambo, también se constató que, en la medida de lo posible, la fase sólida se utilizaba para fertilizar nuevas rotaciones de cultivos. Sin embargo, no parecía hacerse ninguna medición del contenido de nutrientes ni ninguna guía para determinar las

aplicaciones de volúmenes que corresponderían por unidad de superficie y, por lo tanto, la dosis de nutriente total aplicada.

4.2 Calidad de la infraestructura y el manejo

Surge de lo observado que debido a la calidad general de la infraestructura y el manejo de los efluentes, resulta habitual la descarga directa de efluentes contaminantes de forma directa. Eso era muchas veces debido a la escasa captura de sólidos y/o líquidos del lugar donde se almacenan sólidos. La Figura 6 ilustra un ejemplo en que los líquidos que salen de una pila de sólidos almacenados debieran ser redirigidos nuevamente hacia la infraestructura de manejo de líquidos existente utilizada para recoger los efluentes. La técnica de separación de sólidos también resultaba ineficaz, por lo que también salían grandes volúmenes de sólidos. Por ende, la mezcla de líquidos y sólidos terminaban yendo hacia el campo a tasas de carga muy altas, provocando escurrimiento superficial y pérdidas a través del relieve y drenajes naturales. Además, en la mayoría de los casos los efluentes sólidos no se retenían (es decir, no se los conservaba en una estructura adecuada) y no se capturaba el drenaje líquido.



Figura 6. Ejemplo en que los sólidos de una playa de comida se descargaban desde las fuentes de efluentes al campo contiguo en lugar de ser redirigidos hacia la trampa de sólidos ubicada relativamente cerca de la salida del tambo.



Figura 7. Ejemplo de una pila de efluentes sólidos dispersada y sin aislación del suelo ni sistema de captación de efluentes líquidos generados por la lluvia.

Fue frecuente la constatación de sistemas deficientes de manejo de efluentes sólidos, incluyendo muchos tambos con la capacidad de almacenaje colmada y los sistemas de separación funcionando habitualmente a plena capacidad (Figuras 8 y 9). A partir de las conversaciones con los involucrados quedó claro que faltan proveedores de servicios de predios o contratistas con las debidas capacidades y entrenamiento como para ofrecer servicios tales como limpieza de instalaciones para acopio de sólidos provenientes de los efluentes, así como para su distribución al campo. También quedó claro que las piletas existentes no fueron construidas ni impermeabilizadas siguiendo las normas geotécnicas de impermeabilización (DairyNZ 2015). Se vio un encomiable intento de sellado de una pileta usando una cobertura plástica para silos pero en la práctica, no resultó apropiado ya que al ser muy fino y frágil y da señales de que con el tiempo se ha venido rompiendo (Figura 10). Sin embargo, también se observó que la base natural de arcilla del suelo que se encuentra predominante en las zonas de la cuenca lechera del Uruguay podría acotar la posibilidad de lixiviado comparado con suelos de mayor drenaje (Figura 11).

Los niveles de inversión afectados al manejo de efluentes son sensiblemente menores a los niveles actuales de Nueva Zelanda. A pesar de ello, de lo conversado en la visita no queda claro qué potencial habría de inversión o con qué fuentes de financiación se podría disponer para ello en el futuro.



Figura 8. Ejemplo de un sistema de trampa / de separación colmada descargando los sólidos por donde deberían salir los líquidos.



Figura 9. Ejemplo de una pileta de decantación colmada de sólidos, lo que afecta tanto el posible tratamiento como su capacidad de almacenaje.



Figura 10. Pileta de almacenaje con cobertura de plástico de silos.



Figura 11. Pileta de almacenaje vacía con una lámina de arcilla natural.

4.3 Riesgo según el tipo de suelo

Nueva Zelanda ha adoptado una estrategia diferenciando el manejo según los tipos de suelos y topografía evaluando el riesgo de la aplicación de los efluentes líquidos cuando los suelos están casi colmados o ya saturados al momento de realizar la aplicación, como se describe en la Tabla 1 (Houlbrooke y Monaghan 2010). Sin embargo, a partir de mis observaciones y muchas de las conversaciones, se puede inferir que los suelos predominantes en las cuencas lecheras del Uruguay son de Categoría B (pobre drenaje), por lo que resulta muy importante hacer un correcto manejo de los suelos saturados. Las recomendaciones que siguen se concentran en las prácticas de manejo de efluentes relevantes para los suelos con mal drenaje.

Tabla 1. Criterios mínimos requeridos para un sistema de manejo con aplicación de efluentes al campo.

| Categoría | A | B | C | D | E |
|--|---|---|------------------------------------|--|---|
| Características del suelo y topografía | Drenaje artificial o suelos de estructura arenosa | Pobre drenaje o bajo índice de infiltración | Pendiente del terreno (>7°) | Terreno plano con buen drenaje (<7°) | Otros terrenos con buen drenaje pero muy livianos ^x y planos (<7°) |
| Riesgo | Alto | Alto | Alto | Bajo | Bajo |
| Profundidad de aplicación (mm) | < DHS* | < DHS | < DHS | < 50% del ADP# | < 10 mm &< 50% del ADP# |
| Tasa de aplicación instantánea (mm/hr) | N/A** | N/A** | < índice de infiltración del suelo | N/A | N/A |
| Tasa promedio de aplicación (mm/hr) | < índice de infiltración del suelo | < índice de infiltración del suelo | < índice de infiltración del suelo | < índice de infiltración del suelo | < índice de infiltración del suelo |
| Requerimiento de Almacenaje | Aplicar sólo cuando exista DHS | Aplicar sólo cuando exista DHS | Aplicar sólo cuando exista DHS | 24 horas de drenaje post saturación | 24 horas de drenaje post saturación |
| Carga máxima de N | 150 kg N/ha/año | 150 kg N/ha/año | 150 kg N/ha/año | 150 kg N/ha/año | 150kg N/ha/año |
| Profundidad Máxima: aspersores de alto volumen | 10 mm | 10 mm | 10 mm*** | 25 mm ^{ts} (10 mm a capacidad de campo) | 10 mm |
| Profundidad Máxima: aspersores de bajo volumen | 25 mm | 25 mm | 10 mm | 25 mm | 10 mm |

* DHS = déficit hídrico del suelo

ADP = Agua disponible para las plantas en los primeros 300 mm de suelo.

^x Una capa muy pedregosa o arenosa dentro de los primeros 300 mm de profundidad)

** N/A = Pese a no ser un criterio esencial, el riesgo en el manejo es menor si se usan bajas tasas de aplicación.

*** Este método es sólo aplicable cuando se sugieran tasas de aplicación instantáneas menores a los índices de infiltración.

AA Se sugieren 25 mm como lámina máxima de aplicación cuando exista DHS (> 15 mm)

No se debe superar la capacidad de campo más allá de los 10 mm si se usa un aspersor de alto volumen.

5. Recomendaciones básicas

5.1 Recolectar y centralizar todas las fuentes de efluentes

Mi primera recomendación es la de garantizar que se cuente con la infraestructura adecuada que permita la recolección, almacenaje y distribución de todos los tipos de efluentes de diversas fuentes. En las condiciones de Uruguay, esto significa esencialmente que se deben retener los efluentes provenientes tanto de los corrales de alimentación como del lavado de las instalaciones, de manera de evitar que constituyan un foco de contaminación importante para el ambiente. Tal cual se manifiesta en la sección 4, esto significa que, tanto los líquidos derivados del secado de los sólidos como los que escurra de los mismos a partir de la lluvia, deben ser redirigidos hacia el sistema de captación de efluentes líquidos. La recolección de todas las fuentes de efluentes permite un manejo integrado de los mismos y la inversión en uno (o dos, en caso que se separen los sólidos) puntos de tratamiento (Figura 12). El principal problema constatado es que no se están reteniendo los líquidos derivados de las playas de comida.



Figura 12. Un excelente ejemplo en el que en una playa de comida que tiene un sistema de separación de sólidos, se logra capturar la integridad de los efluentes.

5.2 Manejo de efluentes de tambo incluyendo aplicación al campo

La investigación de Nueva Zelanda (y en el resto del mundo) ha identificado que la aplicación al campo es una forma efectiva de manejar los efluentes lecheros de modo de reducir la incorporación de contaminantes al ambiente al tanto se asegura el aprovechamiento de los nutrientes (Houlbrooke y col. 2004a, Houlbrooke y Monaghan 2010). En Uruguay hay cierta evidencia de aplicación al suelo; sin embargo, mi impresión, a menudo se referían más al “eliminación de efluentes al campo” que propiamente un tratamiento de los efluentes para su aplicación al campo y que, el término de “eliminación” implica que el efluente es algo que debe ser descartado al menor costo posible. Por lo tanto, yo diría que se requiere un cambio cultural para que el efluente sea visto como un insumo que requiere manejo de manera de justificar la inversión y tiempos necesarios.

Por las siguientes razones recomiendo que el cambio hacia la aplicación de efluentes al campo se implemente como práctica de buen manejo de los efluentes de tambo en Uruguay:

- i) La descarga de las piletas de los sistemas de tratamiento ayudaría mucho a reducir las descargas de nutrientes solubles y microorganismos fecales al agua.
- ii) El buen manejo de la aplicación al campo de los efluentes del tambo proporcionaría un valor en nutrientes disponibles para las plantas.

5.3 Incluir las piletas con el sistema de almacenaje

Uno de los principales errores en que incurrió Nueva Zelanda cuando promovió como mejor método el de la aplicación al campo en 1991 fue que la regulación y el consejo de mejor práctica no exigían que los productores incluyeran una pileta de almacenaje como punto fundamental.

Eso hizo que muchos productores eliminaran las piletas que ya tenían para el tratamiento de efluentes, optando por la simple recolección en un sumidero para su aplicación diaria al campo. Posteriores estudios revelaron la importancia de aplicar reglas de riego referidas al déficit hídrico del suelo de manera de eliminar pérdidas directas por escurrimiento superficial al momento de la aplicación (Houlbrooke y col. 2004a). Investigaciones realizadas por Houlbrooke

y Monaghan (2010) identificaron que seguir las reglas referidas al déficit hídrico con el uso ulterior de la pileta de almacenaje en períodos lluviosos era una práctica esencial para suelos de pobres drenajes y con bajas tasas de infiltración, como sucede en los predios de Uruguay. Por lo tanto, se recomienda enfáticamente que Uruguay incorpore las piletas de almacenaje al sistema de manejo de efluentes de los tambos para minimizar el riesgo ambiental que entraña la aplicación de los mismos al campo en períodos de alto contenido de humedad de los suelos.

La construcción de piletas de almacenaje siguiendo los estándares de sellado geotextil es la inversión mayor en que tuvo que incurrir Nueva Zelanda para mejorar el manejo de efluentes. Uruguay tiene que tomar una decisión: si exigirle a los productores que construyan nuevas piletas o si alcanza que usen las que ya tienen a pesar de que la mayoría no cuenten con un sistema de impermeabilización. Si se tomara esta última opción, se debería fijar un máximo tolerable de lixiviado de las piletas que constituya un estándar que deban respetar todos los sistemas. Houlbrooke y col. (2014) describen el balance de pros y contras de tener piletas con cierto drenaje en relación al volumen de nutrientes manejado. Una pregunta clave es, “¿sería tolerable cierta filtración al subsuelo dada la gran reducción de la descarga directa de múltiples contaminantes a aguas superficiales si se cambia a aplicación al terreno desde piletas de tratamiento de descarga?”. Otro factor clave al analizar las bondades de las piletas existentes en los tambos es si las mismas están de acuerdo a las necesidades en volumen para cada tambo en particular (ver sección 7.5) considerando la lactancia de todo el año.

Yo recomiendo analizar en cada caso cuán adecuada resulta cada pileta ya existente y que, cuando sea apropiada, que sea utilizada como almacenaje. Esto se basa en la constatación de que es probable que el material arcilloso pesado natural del subsuelo tenga un efecto de refuerzo de la barrera de las piletas. De cualquier forma, al no conocerse el grado de sellado y drenaje recomiendo que se establezca un límite máximo de drenaje aceptable. El propósito de dicho límite es descartar aquellas piletas que tengan filtraciones claramente evidentes y no las que tengan filtraciones mínimas. Este enfoque implica que siempre que sea posible se podría utilizar las construcciones de almacenaje existentes y con ello se reduciría la magnitud de las inversiones necesarias. Las nuevas piletas entonces, serían necesarias únicamente en los casos en que las existentes no estén de acuerdo a los volúmenes requeridos o para los casos en que resultan evidentes las fugas o la mala impermeabilización. En el futuro, en una segunda etapa en pos de la mejor práctica mundial, se podría elevar la exigencia del estándar de impermeabilizaciones de las piletas para que cumplan con toda la norma geotécnica.

6. Opciones de Manejo

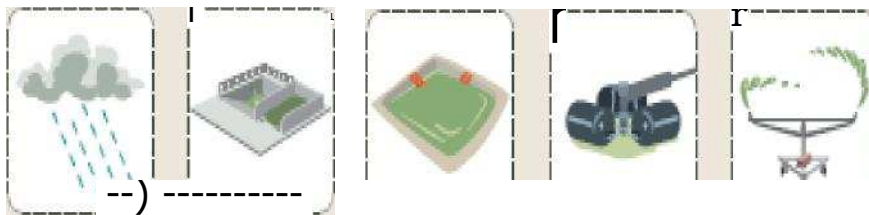
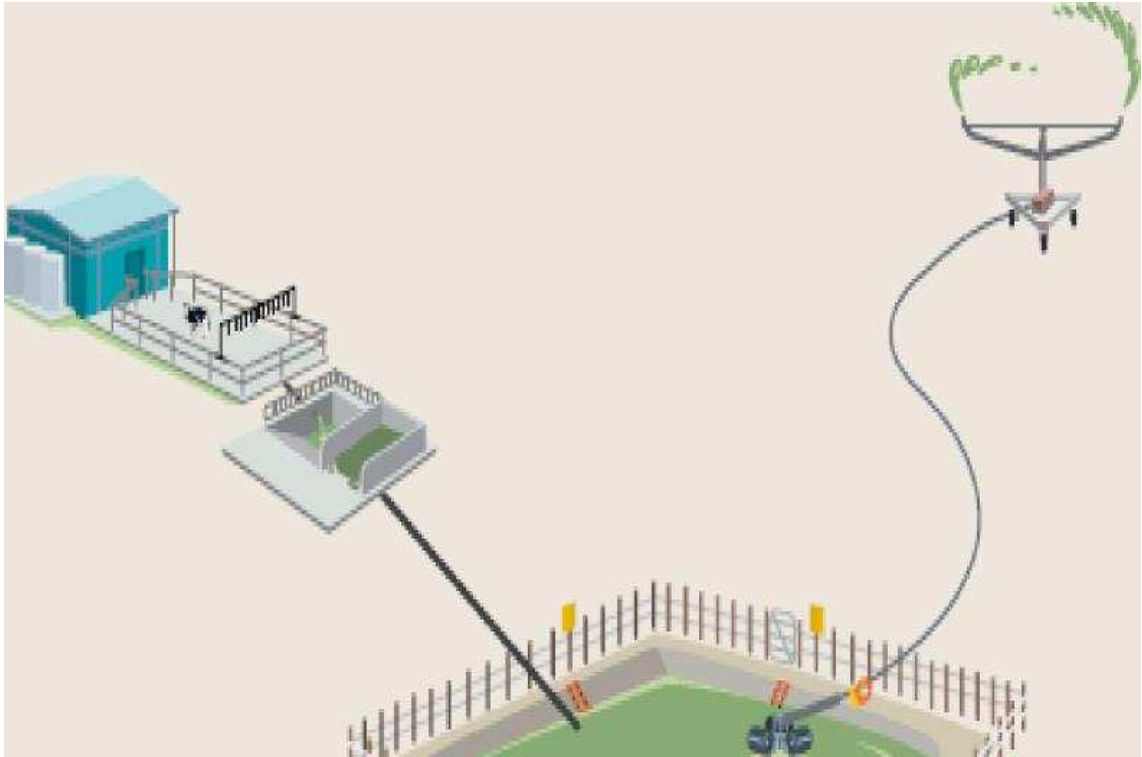
6.1 Regadores móviles

Los equipos de riego móviles son una opción que puede servir en un sistema de manejo de efluentes de tambos en Uruguay, tal cual se ilustra esquemáticamente en la Figura 13. Estos

regadores móviles tienen generalmente un diámetro de boquilla que permite el pasaje de sólidos en suspensión. Sin embargo, no son aptos para la aplicación de efluentes brutos de mucho espesor (> 5% MS). Por lo tanto, en el diseño se sigue necesitando una estrategia para el manejo de sólidos y si no se utiliza un sistema de separación previa al almacenaje en una pileta, se debe incluir algún mecanismo de mezclado y agitación de manera de mantener los sólidos en suspensión para posibilitar su bombeo. Si no se agita, con el tiempo los sólidos de la pileta van acumulando restándole capacidad de almacenaje. Los regadores móviles suelen aplicar tasas muy altas y con ello incrementan el riesgo de escurrimiento superficial, flujo preferencial y altos índices de carga de nutrientes, a no ser que se maneje bien la lámina programando el equipo para que se desplace a alta velocidad (Houlbrooke y col. 2004c). La Tabla 1 recomienda que en suelos de pobre drenaje y baja infiltración como los que predominan en Uruguay, se utilicen láminas de riego máximas de 10 mm por aplicación para evitar los riesgos mencionados.

Sistema 1: Regador móvil

Este sistema es el diseño tradicional con desvío de agua de lluvia instalado en la sala de ordeño. El efluente fluye de la sala de ordeño a través de una trampa de arena a la estructura de almacenamiento, impulsado ya sea por gravedad o por bombeo. Luego se usa para irrigar el suelo usando un irrigador móvil.



Agua de lluvia Trampa de arena Almacenamiento Estación de bombeo Aplicador móvil

Figura 13. Diagrama esquemático que representa un típico sistema de manejo de efluentes con agitación de sólidos en una piletta de depósito y posterior aplicación usando un sistema de riego móvil. Fuente: DairyNZ (2015).

6.2 Aspersores de bajo caudal

Los aspersores de bajo caudal pueden bajar la intensidad de aplicación (mm/hr) y aplicar láminas muy bajas (mm). Por ejemplo un sistema típico de bajos caudales puede regar tasas de efluentes a razón de 4 mm/h lo que es inferior a la permeabilidad de la mayoría de los suelos pobremente drenados y de baja tasa de infiltración. Monaghan y col. (2010) concluyeron que los aspersores de baja tasa de aplicación disminuyen el riesgo de flujo preferencial y aumentan la infiltración de los efluentes contaminantes en esos suelos de pobre drenaje, con las correspondientes reducciones de pérdidas ambientales. La Tabla 1 sugiere que la lámina máxima que se puede tolerar con aspersores de bajo volumen alcanza los 25 mm por aplicación debido a que, con ellos, se incrementa el efecto de filtración.

Por lo tanto, recomiendo una combinación de riego deficitario y aspersores de bajas tasas de aplicación como el criterio más apropiado para el manejo de los efluentes líquidos en Uruguay, dado los tipos de suelos existentes. Si se usan las piletas existentes con criterio de almacenaje pero resultan de menor volumen del requerido, los aspersores de bajo volumen pueden ser una mejor solución provisoria que los sistemas de aspersores de altos caudales para minimizar las pérdidas directas al momento de la aplicación. La figura 14 presenta esquemáticamente un típico sistema con aspersores de bajo volumen. Como la mayoría de los sistemas de aspersión tienen boquillas de diámetros pequeños, es importante separar previamente los sólidos para evitar que se tapen durante el riego. En Nueva Zelanda la mayoría de las fracciones líquidas que se irrigan con aspersores de bajo caudal tienen contenidos de materia seca inferiores al 1%.

Sistema 2: Aspersores de bajo volumen

Con separación pasiva

Este sistema tiene un sistema de desvío de pluviales a la salida de los corrales. Luego el efluente (E) alimenta un separador "pasivo" por gravedad donde se extraen los sólidos. Luego se bombean los líquidos al almacenaje y se asperjan al terreno mediante un sistema con una serie de aspersores de bajo volumen que son cambiados frecuentemente de posición Fuente: DairyNZ (2015).



Agua de lluvia
Separador
Pasivo

Estación
de bombeo

Almacenamiento

Estación
de bombeo

Aplicador de bajo
volumen

Figura 14. Diagrama esquemático que representa un típico sistema de manejo de efluentes con separación de sólidos y líquidos enviados a una piletta de depósito y posterior aplicación usando una serie de aspersores de bajo caudal. Fuente del DairyNZ (2015).

6.3 Tanques estercoleros para efluentes brutos

La aplicación del efluente líquido mediante regadores móviles o aspersores de bajo volumen va a requerir la instalación de una red de cañería subterránea para bombear los efluentes líquidos a hidrantes a los cuales se conectará el equipo de riego, rotando y cambiando de posición de parcela en parcela. El área que se requiere de esta infraestructura y el monto de la inversión van a depender del total de la carga de

nutrientes que se manejen. Otra alternativa al armado de dicha infraestructura, sería usar piletas ya existentes como tanque estercoleros y vaciarlos periódicamente (Figura 15). Si bien esas cisternas estercoleras habitualmente pueden manejar altos contenidos de sólidos (hasta 15% MS) y, por lo tanto no es esencial la pre-separación en fracciones de sólidos menores, se requerirá una mayor capacidad de piletas de almacenaje. Esta opción de manejo sería por lo tanto de menor nivel de inversión pero, en contrapartida, requeriría altos costos operativos y dependería de la disponibilidad de contratistas.

Sistema 9: Dispensador de estiércol bruto

Este sistema habitualmente incluye un sistema para desviar el agua de lluvia, el efluente luego fluye por una trampa de arena hasta una estructura de almacenamiento. Es preciso contar con estaciones de bombeo si no hay gravedad para el almacenamiento. Se agita el efluente y se aspira desde el depósito a un camión de dispersión de estiércol con el que se rocía el suelo.

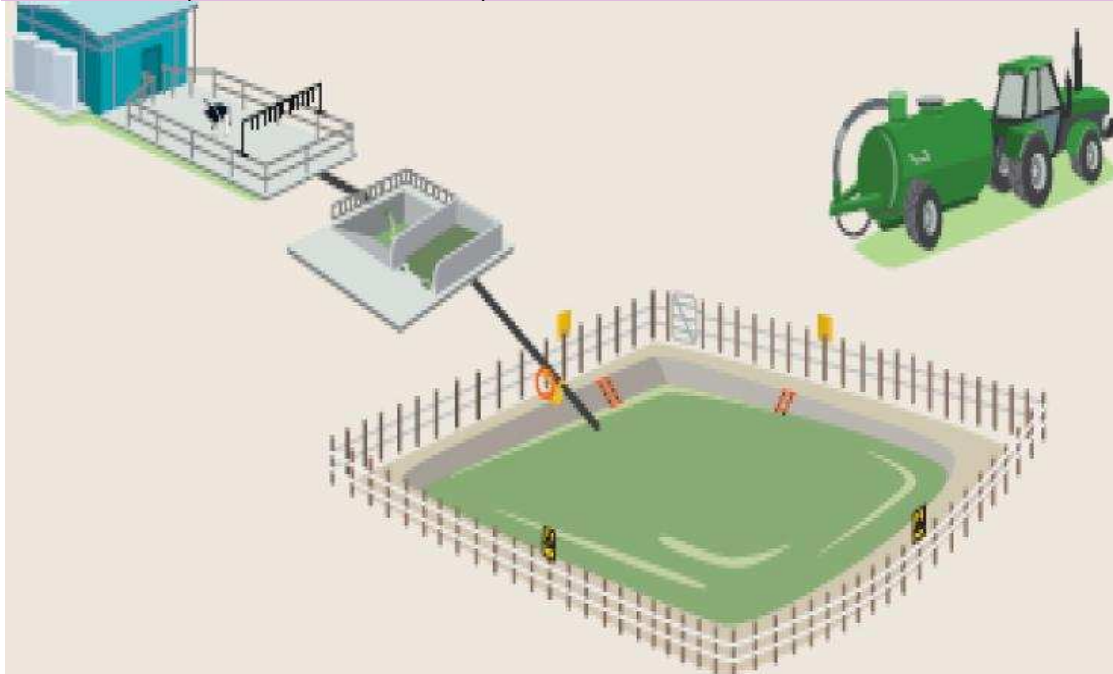


Figura 15. Diagrama esquemático que representa un típico sistema de acumulación de efluentes en una pileta seguido de remociones periódicas con su distribución en el campo usando una estercolera. Fuente, DairyNZ (2015).

6.4 Manejo de los sólidos

Algunas de las opciones descritas anteriormente necesitan separar los sólidos para conducir los efluentes de forma eficiente. En otros casos, los productores pueden optar por la separación de sólidos por conveniencia, especialmente cuando el sistema del predio incluye corrales de alimentación. Cuando se separan los sólidos de los líquidos, entonces se agrega un componente adicional que debe ser manejado. Esta fracción de sólidos habitualmente tiene altas concentraciones de nutrientes y representa un volumen menor comparado con la fracción líquida. En consecuencia, la fracción de sólidos se maneja de forma muy diferente a la de los líquidos ya que se los puede acumular por cierto tiempo y luego se los puede transportar a una parte específica del campo para aplicarlos como un fertilizante específico. Esto se hace a menudo como parte de una renovación de la rotación agrícola-pastoril (Houlbrooke y col. 2011). Habitualmente, esos productos sólidos tienen menores contenidos de humedad que el lodo (15%MS) y por lo tanto, aplicarlo al campo requiere de un aplicador de sólidos (estiércol) o similar.

7. Conclusiones para definir un plan de acción

La próxima sección describe las acciones que a mi criterio se requieren en Uruguay para lograr un cambio hacia la adopción de buenas prácticas de aplicación de efluentes al campo. Todas esas acciones deben realizarse de forma colaborativa de manera de ser bien recibidas por la totalidad de los productores. Como parte de la descripción de las actividades, he definido cuál de las organizaciones uruguayas considero más apropiada para dirigir cada actividad.

7.1 Definir y acordar sobre los estándares para las buenas prácticas de manejo.

Utilizando este informe como guía, Uruguay debería alcanzar un acuerdo sobre la definición de lo que son las buenas prácticas de manejo para la aplicación de los efluentes de los tambos al campo. Una vez puestos de acuerdo, es muy importante elaborar material de extensión para los productores y el público en general, y disponer de recursos humanos que puedan realizar asesoramiento de forma independiente sobre cómo lograr adoptar esas buenas prácticas de manejo. Yo sugiero que esta función sea dirigida por INALE y Conaprole.

7.2 Evaluación económica

Recomiendo que se establezca un cálculo de la relación costo beneficio que se genera en sistemas de aplicación del efluente del tambo al campo tal cual se describiera anteriormente. Ese análisis va a determinar las inversiones en las que habría que incurrir, así como el período de tiempo en que se recuperaría por utilizar los efluentes como nutrientes sustituyendo el uso de fertilizantes. El análisis debe incluir alternativas de financiación tales como, si lo financia el productor exclusivamente, o si se darían subsidios parcial o totales. Yo sugiero que esta actividad la dirijan el MGAP e INALE.

7.3 Desarrollo de políticas

Habrá que elaborar políticas que apoyen y exijan la implementación de las buenas prácticas de manejo que incluyan la aplicación de efluentes de tambos al campo arriba descritas. Yo recomiendo que dicha actividad sea dirigida por DINAMA.

7.4 Control del cumplimiento

Es preciso elaborar un programa de monitoreo de manera de poder realizar un debido control del manejo de los efluentes del tambo que incluya la infraestructura del tambo, su gestión y algún monitoreo de la calidad de las aguas por regiones. Recomiendo que esa responsabilidad regulatoria y el monitoreo del cumplimiento quede en manos de DINAMA. Sin embargo, también recomiendo que Conaprole lleve adelante una inspección o auditoría anual de las prácticas aplicadas en el manejo de efluentes de cada establecimiento, para que el sector pueda autoregularse.

7.5 Herramientas de orientación al productor

Se debe apoyar al productor a tomar muchas decisiones, como los volúmenes que debe almacenar, el área a regar, así como las láminas de riego para obtener los índices de carga de nutrientes. La elaboración de un método de cálculo de capacidad de almacenaje, similar al que posee Nueva Zelanda, va a permitir estimar ese volumen para cada tambo. Ello constituye una clave fundamental en la planificación de la estructura requerida (DESC 2015). Hay dos posibles enfoques para dar al productor herramientas para el manejo de los nutrientes. Una opción es proporcionar una sencilla herramienta para definir la lámina de efluentes a aplicar en milímetros (en cada oportunidad o de forma anual) sobre la base del cálculo de nutrientes. Dicha opción implica contar con las concentraciones de nutrientes basadas en mediciones o de libros de texto (por ejemplo las concentraciones que se encuentran en el sitio web de DairyNZ (DairyNZ 2015)). Una opción más avanzada sería desarrollar un sistema de presupuestos de nutrientes (o mejorar el elaborado por INIA). Nueva Zelanda ha utilizado un software denominado OVERSEER® Nutrient Budgets (Overseer, 2015) como una forma de estimar las relaciones de ingreso y egreso de nutrientes en un sistema lechero que permite determinar las dosis de nutrientes que se requieren y optimizar la estimación de área de terreno. Yo sugiero que estas actividades las dirijan el INIA y la Universidad de la República.

7.6 Validación de la investigación

A pesar de que existe abundante información técnica a nivel internacional en referencia a la aplicación de efluentes de tambo al campo, yo recomiendo que se lleven a cabo algunos estudios locales. La investigación debería orientarse a validar el enfoque de las buenas prácticas recomendado para determinar las pérdidas de nutrientes y los beneficios agronómicos para efluentes líquidos y sólidos en las condiciones climáticas y con los tipos de suelos del Uruguay. Yo recomiendo que esta actividad sea liderada por el INIA y la Universidad de la República.

7.7 Establecer una red de proveedores de servicios

Durante mi visita fue bastante evidente que los productores no contaban con proveedores especializados de servicios para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de manejos de efluentes de los tambos. Sugiero se realicen acciones para congregar a proveedores existentes y demostrar las oportunidades para que ingresen nuevos proveedores al mercado. Estos proveedores de servicios deben ser capaces de diseñar e instalar sistemas que se ajusten a las políticas y reglamentaciones así como a la visión del sector en relación a las buenas prácticas de manejo. El resultado de estas acciones debería derivar, en el futuro, al desarrollo de un código de prácticas y acreditación de los proveedores. Yo recomiendo que esta función sea dirigida por INALE.

7.8 Visita de una delegación a Nueva Zelanda

Existe una posibilidad de llevar a Nueva Zelanda una pequeña delegación integrada por una combinación de organizaciones para observar el encare de este tema allá y entrevistarse con las organizaciones responsables de los distintos aspectos; políticas, investigación, extensión, desarrollo de instrumentos, diseño e instalación de sistemas así como el manejo diario de los mismos. Sugiero que esta actividad sea liderada por el MGAP e INALE.

8. Próximo paso

Recomiendo que el próximo paso de importancia sea la conformación de un grupo de acción multidisciplinario para el manejo de efluentes, representado por las partes interesadas, y que se focalice en implementar soluciones prácticas para el Uruguay. En Nueva Zelanda, los mayores progresos se obtuvieron cuando las organizaciones colaboraron trabajando en conjunto y transmitieron mensajes consistentes a los productores. Ese grupo multidisciplinario debe contemplar los aspectos presentados en este informe y acordar los resultados sugeridos a los que se pretende llegar, así como determinar las responsabilidades y las instituciones que deben dirigir cada aspecto. El grupo debería incluir representantes de las siguientes organizaciones:

- El sector lechero: INALE, Conaprole, productores dirigentes
- El Gobierno: MVOTMA —DINAMA y MGAP
- Institutos de investigación: INIA y La Universidad de la República

9. Agradecimientos

El autor quiere agradecer la gentileza, franqueza y buena disposición de toda la gente del Uruguay que estuvo vinculada a la visita. En particular destaco a INALE y el Ministerio de Relaciones Exteriores y Comercio de Nueva Zelanda a quienes agradezco por su hospitalidad y financiamiento del viaje. Agradezco también a los Dres. Ross Monaghan y Seth Laureson por su revisión técnica de este informe.

10. Referencias

- DairyNZ 2015. Dairy effluent material <http://www.dairynz.co.nz/publications/environment> Accessed 01/03/2015.
- DEC manual 2006. Dairying and the environment - managing farm dairy effluent. Operational design manual. Dairying and the environment committee of the New Zealand.
- DESC 2015. Dairy Effluent Storage Calculator. <http://www.massey.ac.nz/-flrc/FDE.html>. Accessed 08/01/2015.
- Di HJ, Cameron, KC. 2002. Nitrate leaching in temperate agroecosystems: sources, factors and mitigating strategies. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 64: 237-256.
- Houlbrooke DJ, Longhurst B, Orchiston T, Muirhead RW 2011. Characterising dairy manures and slurries, Envirolink tools report AGRX0901. [http://www.envirolink.govt.nz/PageFiles/31/Characterising Dairy Manures and Slurries.pdf](http://www.envirolink.govt.nz/PageFiles/31/Characterising_Dairy_Manures_and_Slurries.pdf) AgResearch Limited: Ruakura, Hamilton, New Zealand,
- Houlbrooke DJ and Monaghan RM 2010. Land application for farm dairy effluent: development of a decision framework for matching management practice to soil and landscape risk. In *Farming's future: minimising footprints and maximising margins* (Ed L.D. Currie). Occasional report No. 23. Fertilizer and Lime Research Centre, Massey University, Palmerston North, New Zealand. pp 35-45.
- Houlbrooke DJ, Longhurst B, Laurenson S, Wilson T 2014. Benchmarking N and P loss from farm dairy effluent derived nutrient sources. In: *Nutrient management for the farm, catchment and community*. (Eds L.D. Currie and C.L. Christensen). <http://firc.massey.ac.nz/publications.html>. Occasional Report No. 27. Fertilizer and Lime Research Centre, Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- Houlbrooke DJ, Home DJ, Hedley MJ, Hanly JA, Scotter DR, Snow VO 2004a. Minimising surface water pollution resulting from farm dairy effluent application to mole-pipe drained soils. I. An evaluation of the deferred irrigation system for sustainable land treatment in the Manawatu. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 47: 405-415.
- Houlbrooke DJ, Home DJ, Hedley MJ, Snow VO, Hanly JA 2004b. A review of literature on the land treatment of farm dairy effluent in New Zealand and its impact on water quality. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 47: 499-511.
- Houlbrooke DJ, Home DJ, Hedley MJ, Hanly JA 2004c. Irrigator performance: Assessment, modification and implications for nutrient loss in drainage water. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 47: 587-596.
- Houlbrooke DJ, Home DJ, Hedley MJ, Snow VO, Hanly JA 2008. Land application of farm dairy effluent to a mole and pipe drained soil: implications for nutrient enrichment of winter-spring drainage. *Australian Journal of Soil Research* 46: 45-52.
- Laurenson S and Houlbrooke DJ 2014. Nutrient and microbial loss in relation to timing of rainfall following surface application of dairy farm manure slurries to pasture. *Soil Research*. 52: 513-520.

- Ledgard SF, Penno JW, Sprosen MS 1999. Nitrogen inputs and losses from clover/grass pastures grazed by dairy cows, as affected by nitrogen fertilizer application. *Journal of Agricultural Science* 132: 215-225.
- McLeod M, Aislabie J, Ryburn J, McGill A 2008. Regionalising potential for Microbial bypass flow through New Zealand soils. *Journal of Environmental Quality* 37: 1959-1967.
- Monaghan RM, Houlbrooke DJ, Smith LC. 2010. The use of low-rate sprinkler application systems for applying farm dairy effluent to land to reduce contaminant transfers. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 53, 389-402
- Monaghan RM, Smith LC 2004. Minimising surface water pollution resulting from farm dairy effluent application to mole-pipe drained soils. II. The contribution of preferential flow of effluent to whole-farm pollutant losses in subsurface drainage from a West Otago dairy farm. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 47: 417-428.
- Muirhead RW, Monaghan RM, Donnison AM, Ross C 2008. Effectiveness of current best management practices to achieve faecal microbial water quality standards. In: L Currie ed. *Carbon and nutrient management*. Occasional report 21. Fertiliser and Lime Research Centre, Massey University, Massey University, Palmerston North, New Zealand. Pp. 382-397.
- Overseer 2015. OVERSEER Nutrient budgets <http://www.overseer.org.nz/> Accessed 01/03/2015.