

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CIRCULARIDAD DE NUTRIENTES EN TAMBOS



CIRCULARIDAD DE NUTRIENTES EN TAMBOS

Estudio de casos de sistemas de gestión de efluentes de tambo implementados por la academia y evaluados en un proyecto multiinstitucional

1 ANTECEDENTES

Los problemas de la calidad de agua de las principales fuentes del país registrados en los últimos años, han llamado la atención de la opinión pública y centrado la mirada en la generación y gestión de residuos a nivel nacional, así como también en el cuidado del ambiente. La sostenibilidad de los sistemas productivos es un tema de especial interés para el gobierno nacional. A través de diversos instrumentos ha promovido el desarrollo de variadas actividades que atienden la preservación de los recursos naturales. Ha fortalecido el marco normativo (particularmente para la cuenca del Río Santa Lucía, a través de la definición e implementación de un plan de cuenca), ha desarrollado herramientas de control y también ha promovido la realización de proyectos que se focalicen en aportar y / o facilitar alternativas a la temática de residuos, en específico los efluentes y estiércol. Considerando a) la particular susceptibilidad de la calidad de las fuentes de agua al escurrimiento de nutrientes y erosión de suelos, y, b) la localización y la gestión de los aspectos ambientales de los tambos y otros emprendimientos agropecuarios ubicados en la cuenca de la principal fuente de agua potable del país, con su posible aporte de nutrientes tanto de forma directa como difusa; el manejo de los efluentes de tambos ha sido uno de los frentes más analizados y discutidos en los últimos años. Inicialmente se manejó la necesidad de “tratar los efluentes” para reducir su carga orgánica antes de ser “volcados” en el ambiente, luego se pasó a una visión diferente, la de “manejar los residuos” generados para su re-utilización en el mismo predio productivo (Gutiérrez et al., 2006). Actualmente, de la mano de la propuesta que implica el paradigma de la Economía Circular, los nutrientes disponibles en los residuos son considerados un capital, con valor, y es de relevancia intentar aprovecharlos para “beneficio” de los cultivos, de la producción.

En este contexto, diversas instituciones públicas y privadas se encuentran trabajando en ajustar, difundir y promover las alternativas adecuadas de gestión de los residuos orgánicos (efluentes y estiércol) para los predios del sector. Ejemplo de ello lo son el programa de apoyo para proyectos presentados por productores familiares y medianos del sector lechero en el marco del “Plan de lechería sostenible en la Cuenca del río Santa Lucía” dentro del Proyecto de Desarrollo y Adaptación al Cambio Climático del MGAP (BM 8099-UY) y el “Manual para la Gestión Ambiental de Tambos”, publicado por DINAMA en Julio 2016. Con el objetivo de continuar profundizando y generando información, herramientas y recursos vinculados a la temática, se creó un comité de trabajo para atender la temática de efluentes de tambos con participación de los referentes nacionales del sector público y privado (MGAP, MVOTMA, Biovalor (*), INIA, Udelar, UTEC, INALE, Conaprole y la Sociedad de Productores de Florida).

En este ámbito, se marcó un precedente a partir del cual el MGAP con el apoyo de Biovalor, promovió un proyecto de investigación en la temática articulando con los centros de investigación

y formación nacionales referentes en lechería, como lo son el ya mencionado INIA, la Facultad de Agronomía y la Facultad de Veterinaria de la UdelaR, la UTU y la UTEC. También participa el Instituto Nacional de la Leche (INALE) como institución de referencia del sector, y la DINAMA del MVOTMA como organismo competente y contralor en la temática ambiental.

2 OBJETIVOS

El **objetivo general** del proyecto es evaluar los aspectos ambientales, sanitarios y económicos de los tambos con sistemas de gestión de efluentes basados en el aprovechamiento de los nutrientes, a los efectos de generar información nacional objetiva, que pueda emplearse con fines educativos y también como insumo para la elaboración de normas nacionales.

3 DATOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto que comenzó a ejecutarse gradualmente durante el 2019, tendrá 3 años de duración y la modalidad de trabajo será el estudio de casos:

Tambo	Escuela Superior de Lechería de Nueva Helvecia	INIA La Estanzuela	Campo Experimental nº 2	Estación Experimental Dr. Mario Cassinoni	Centro Regional Sur (*)
Propiedad de	CETP - UTU	INIA Uruguay	Facultad de Veterinaria - UdelaR	Facultad de Agronomía - UdelaR	
Departamento	Colonia		San José	Paysandú	Canelones
Sistema de ordeño	Espina de pescado	Robot	Espina de pescado		
Manejo del rodeo (alimentación)	Pastoril a cielo abierto			Semi-confinado	Pastoril a cielo abierto
Máximo de vacas en ordeño	90	95	185	130	190
Nº de VO/órgano	8	Ordeño voluntario	15	13	16
Patio de alimentación (PA)	No	Sí, piso compactado (para evitar infiltración)	Sí, piso hormigonado (para evitar infiltración)	No	Sí, piso hormigonado
SGE ¿abarca efluentes de PA?	-	No	Sí	-	No, pero está previsto incluirlo
Sistema de limpieza PA	-	-	Lavado por inundación	-	Barrido en seco
Sistema de limpieza corral de espera	Limpieza con agua presurizada				
Efluentes gestionados en los nuevos SGE	Sala de ordeño + Corral de espera		Sala de ordeño + Corral de espera + Patio de alimentación	Sala de ordeño + Corral de espera	
Re-utilización para lavado corral de espera /PA	No		No, pero está previsto a futuro		No
Gasto de agua (lts/VO/día)	33 estimados	30 estimados	50 proyectados	67	50 estimados

*El Centro Regional Sur (CRS) de FAGRO, participará del proyecto aportando información documental.

Los 5 tambos disponen de sala de ordeño con equipo de ordeño mecanizado, sala y corral de espera con piso de hormigón, limpian en seco y complementan limpieza con agua ó, limpian sólo con agua presurizada. El reuso del agua de lavado para el mismo fin no se realiza en la actualidad, pero sí está previsto en los diseños de los sistemas de gestión de efluentes (SGE) de INIA LE, FAGRO (EEMAC) y de FVET con el objetivo de disminuir el gasto de agua limpia. Como se puede observar en la tabla anterior, algunos tambos tienen patio de alimentación, y en la EEMAC el rodeo se maneja en un sistema mixto confinado en cama caliente y pasturas. Tales características inciden sobre la calidad de los residuos abarcados en el presente proyecto, los que serán caracterizados durante la implementación del proyecto en cuestión.

3.1 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE EFLUENTES

Para cumplir con los objetivos trazados, y atendiendo la escasa información existente a nivel nacional sobre los efectos que la aplicación de efluentes y estiércol al suelo tienen sobre éste y las pasturas/cultivos, se diseñaron y actualmente se encuentran en diferentes etapas de ejecución, cinco sistemas de gestión de efluentes. Los criterios empleados en la elaboración de las propuestas, respetan la normativa ambiental vigente, y a la vez contemplan las posibilidades de inversión y gestión humana de cada institución. A la fecha, los tambos del INIA La Estanzuela, la UTU/UTEC y la EEMAC de FAGRO tienen los nuevos sistemas diseñados completos y operativos. En la FVET continúa funcionando el sistema preexistente, estando previsto que el nuevo diseño quede operativo a la brevedad. En el tambo del CRS de FAGRO, a la fecha se realizaron mejoras y restan otras que se concretarán a más largo plazo.

Componentes de los nuevos sistemas diseñados:

- a) **Desarenador**: sitio donde decantan los sólidos minerales del efluente. En todos los casos la limpieza se realiza en forma mecánica con tractor con pala.
- b) **Separador de sólidos**: diseñados para separar la fracción sólida orgánica del efluente, existen sistemas de separación en forma pasiva y mecánica. Ambos se abarcan en los casos de estudio.
- c) **Acopio de sólidos orgánicos**: las dimensiones en cada caso varían según la frecuencia de aplicación a terreno sea una o dos veces al año.
- d) **Unidad o depósito para el almacenamiento del efluente**: una laguna, o hasta tres cuando ya existían previamente, deben ser impermeables.
- e) **Sistema para aplicación a terreno**: en todos los casos la fracción líquida del efluente se aplica por aspersión con un irrigador móvil presurizado. Para distribuir a terreno la fracción sólida orgánica se contratan servicios de estercolera.

Las citadas fracciones resultantes de los sistemas de gestión (líquida y sólida orgánica), se aplicarán a campo teniendo en cuenta criterios agronómicos señalados en la cartilla N°2 de carácter interinstitucional “Criterios de aplicación de efluente al terreno y su implicancia práctica en el diseño e implementación” disponible en la web del [INALE](#). El diseño de las unidades de almacenamiento contempla la existencia de períodos en los cuales las condiciones hídricas del suelo no permiten aplicar a campo.

Las lagunas de almacenamiento recientemente construidas, se impermeabilizaron con polietileno de alta densidad (PEAD) de 1.5 mm de espesor, o arcilla dependiendo del tambo, siguiendo las

recomendaciones técnicas de la cartilla N°1 de carácter interinstitucional “Impermeabilización de piletas de acumulación de efluentes de tambos” disponible en la web del [INALE](#) . Conceptualmente esta impermeabilización se define con una permeabilidad igual o menor a 1×10^{-7} cm/s, para evitar la contaminación de aguas subterráneas. Además, se busca que estén desvinculadas hidráulicamente del entorno, es decir evitando el ingreso de aguas limpias como las pluviales. De las tecnologías disponibles para disponer la fracción líquida en el terreno, como son las estercoleras y los sistemas de aspersión (fijos o móviles), ya se mencionó que en los cinco diseños propuestos se optó por los sistemas de aspersión móviles.

Detalle de los componentes de los sistemas de gestión de efluentes según caso de estudio.

Caso de estudio	Escuela Superior de Lechería de Nueva Helvecia	INIA La Estanzuela	Campo Experimental N° 2	Estación Experimental Dr. Mario Cassinoni	Centro Regional Sur
Desarenador	1	1	1	1	Tiene y decanta sólidos no minerales también
Sistema de separación de sólidos	Decantador pasivo	Extrusora tipo tornillo	Extrusora tipo tornillo	Pantalla separadora (hidrotamíz)	Sistema pasivo/limpieza mecanizada (desarrollo nacional)
Laguna acopio	3	1	1	2	2
Equipo de aplicación a campo	Líquido	Cañón móvil con propulsión hidráulica			Cañón rotorainer (a adquirir)
	Sólido	Estercolera			
Grado de avance del SGE diseñado	Operativos		Próximo a estar completamente operativo	Operativo	Resta ejecución de mejoras

3.1.1 Registro fotográfico de los sistemas de gestión de efluentes

Componente	E. S. Lechería, CETP-UTU-UTEC	INIA La Estanzuela	Tambo Nº2 - FVET	EEMAC-FAGRO-UDELAR	CRS-FAGRO-UDELAR
Desarenador			En obra		
Sistema de separación de sólidos					
Laguna de almacenamiento					
Equipo aplicación a campo (fracción líquida)			Sin foto, resta armarlo y ponerlo en funcionamiento.		No tiene (está previsto adquirirlo a futuro)

4 RESULTADOS ESPERADOS Y ACTIVIDADES ASOCIADAS

Para cumplir con los objetivos definidos, en los 3 años de proyecto está previsto generar información relativa a:

- 4.1 Composición de cada fracción resultante del sistema de separación de sólidos y acopio de fracciones previo su aplicación a terreno, considerando los parámetros nutricionales y sanitarios de relevancia.
- 4.2 Impacto del uso de tales fracciones dentro del predio, considerando desde el posible impacto en la calidad de suelos de las parcelas tratadas, en la producción de materia seca y en los aspectos sanitarios más relevantes para el tambo.
- 4.3 Impacto del manejo implementado en el balance de nutrientes.
- 4.4 Manejo operativo recomendado para cada sistema de gestión y las fracciones de efluente resultantes.
- 4.5 Resultado económico de las gestiones de efluentes implementadas.

4.1 DETERMINAR LA COMPOSICIÓN DE LAS FRACCIONES DE EFLUENTE MANEJADAS

Para lograr este objetivo se tomará muestra de las respectivas fracciones, sólida y líquida, previo a su aplicación a campo. Los parámetros a analizarse serán los siguientes: Nitrógeno, Fósforo total, Fosfato, Potasio y Sólidos Totales en ambas fracciones, Carbono orgánico y pH adicionalmente en la fracción sólida y Sólidos suspendidos totales, sedimentables, DQO y DBO₅ adicionalmente en la líquida.

En lo que refiere al estudio del riesgo sanitario, se evaluará a través del estudio de microorganismos indicadores como Coliformes totales, E. Coli y Salmonella y de estudios de diagnóstico de presencia de parásitos gastrointestinales y Fasciola Hepática, en las fracciones líquida y sólida al momento de su aplicación al terreno.

4.2 DETERMINAR EL IMPACTO DE LA APLICACIÓN DEL EFLUENTE SOBRE SUELO Y PLANTA

Para determinar el impacto sobre suelo y planta, se llevará registro de:

- a) las condiciones en que se realizan las aplicaciones en las parcelas: cultivo existente, estado fenológico, demanda de N y P del cultivo/pastura que se prevé cubrir con los nutrientes existentes en las fracciones del efluente que se aplican y con los fertilizantes minerales, balance hídrico del sitio de aplicación y precipitaciones, pendiente y cercanía a fuentes de agua.
- b) caracterización físico – química anual de las parcelas tratadas en cada otoño, siendo el primero previo a la instalación del ensayo de aplicación de efluentes, este dato será considerado como línea de base. Se realizarán en tres estratos (0 a 2.5 cm; 2.5 a 7.5 cm y 7.5 a 15 cm). Los parámetros definidos fueron los siguientes: Nitrógeno orgánico, Fósforo total, Fósforo Bray I, Fósforo ácido cítrico, materia orgánica, pH, Conductividad Eléctrica, Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio, Azufre, ClC, Zinc y Boro.
- c) producción de materia seca en las parcelas tratadas con las fracciones resultantes del manejo de efluente, donde se complementa el requerimiento nutricional del cultivo ó pastura con fertilizantes minerales de acuerdo al manejo convencional.

- d) registro de la producción de material seco en las parcelas testigos no tratadas, donde se implementa solo el manejo de nutrientes convencional, con uso exclusivo de fertilizantes minerales.
- e) Se están desarrollando técnicas para la determinación de parásitos gastrointestinales y Fasciola hepática tanto en las pasturas como en suelo de las parcelas tratadas, de modo de definir criterios a considerar para su pastoreo con animales, atendiendo la sanidad animal.

4.3 DETERMINAR IMPACTO DEL MANEJO IMPLEMENTADO SOBRE EL BALANCE DE NUTRIENTES

Se realizarán balances de nutrientes, considerando ingresos y egresos de Nitrógeno y Fósforo a distintos niveles productivos, de modo de sumar elementos para la evaluación del impacto sobre la eficiencia productiva y el ambiente.

4.3.1 SISTEMA DE PRODUCCIÓN

El “sistema de producción” abarca la superficie del predio destinada a la producción lechera. Tal balance de ingresos y egresos se realizará en los 5 tambos.

4.3.2 SUPERFICIE SUELO

El balance a nivel de “superficie suelo” considera los ingresos y egresos de Nitrógeno y Fósforo a nivel de parcela tratada, estimándose las pérdidas. El INIA LE y la EEMAC, está previsto sean quienes intenten realizar estos balances.

4.4 MANEJO OPERATIVO IMPLEMENTADO

El manejo operativo implementado en cada caso, con sus fortalezas y debilidades será registrado y analizado de modo de identificar oportunidades de mejora y definir mejores prácticas según situación productiva y sistema de gestión a implementar.

4.5 RESULTADO ECONÓMICO

El resultado económico de implementar los nuevos sistemas de gestión de efluentes operativos, será analizado para cada caso de estudio luego de procesar la información de:

- a) inversiones asociadas a cada sistema de gestión,
- b) costos operativos y de mantenimiento de cada sistema de gestión implementado considerando desde insumos empleados (luz, gasoil, mano de obra, maquinaria, entre otros) hasta reparaciones y ajustes necesarios,
- c) costos asociados al manejo nutricional y fitosanitario de las parcelas tratadas (manejo de nutrientes combinado: efluente y fertilizantes inorgánicos) y testigo (manejo nutricional convencional sin aplicación de efluente).
- d) impacto de la aplicación del efluente sobre la producción de materia seca de las parcelas tratadas, de modo de determinar si un pasivo ambiental como lo ha sido el efluente puede transformarse y consolidarse en un activo productivo.

5 COMENTARIOS FINALES

Por un lado, la definición de políticas públicas y la toma de decisiones de parte de privados requieren de información sólida, por el otro, el desarrollo e implementación de sistemas

productivos sostenibles es una necesidad de la que se toma cada vez mayor conciencia. Como resultado, varias instituciones del sector público/privado coordinaron esfuerzos para concretar este proyecto, que involucra a los tambos de 4 instituciones referentes de la investigación y de la formación de capacidades a nivel nacional. Con el objetivo de generar información sobre la gestión de los efluentes de tambos y su impacto en los sistemas productivos, a la fecha tres de los cuatro tambos que implementarán este proyecto a la brevedad, ya adecuaron sus instalaciones a las exigencias ambientales y mejoraron sus manejos productivos, incorporando a la ecuación productiva el insumo efluentes y el concepto de balance de nutrientes.

Se espera que la información resultante sea de utilidad para:

- ☐ el desarrollo de nuevas líneas de investigación,
- ☐ el sector público al momento de evaluar la pertinencia de desarrollar políticas públicas en la temática,
- ☐ el sector privado cuando deba seleccionar el sistema de gestión de efluentes y el manejo de nutrientes a implementar, en pro de desarrollar sistemas de producción sostenibles.

En definitiva, se espera que la información resultante de este proyecto, directa o indirectamente, sea una herramienta más que apalanque la concreción de mejoras para beneficio de toda la sociedad.

6 REFERENTES SEGÚN INSTITUCIÓN:

1. CRS-FAGRO- UDELAR: Ing. Agr. Ricardo Mello, Ing. Agr. Gastón Ortega.
2. EEMAC-FAGRO- UDELAR: Ing. Agr. Pablo Chilibroste, Ing. Agr. Gastón Ortega.
3. FVET: Dra. Elena de Torres.
4. INIA LE: Ing. Agr. Santiago Fariña, Alejandro La Manna.
5. UTU-UTEC: Ing. Agr. Javier Panizza, Ing. Agr. Alejandra Pons, Ing. Agr. Juan Ramos.
6. INALE: Ing. Agr. Jorge Artagaveytia, Ing. Agr. Ernesto Triñanes.
7. DINAMA-MVOTMA: Ing. Agr. Luciana Rodríguez, participaron hasta 2019: Técnica María José Alegrette, Ing. Agr. Carolina Miranda.
8. MGAP: Ing. Agr. Jorge Marzaroli, Ing. Agr. Silvana Delgado.
9. BIOVALOR: Ing. Agr. Marcela Rodríguez, Ing. María José González, Ing. Alberto Hernández, Ing. Agr. Florencia Benzano.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Nacional de la Leche. 2019. Cartilla sobre criterios de aplicación de efluente al terreno y su implicancia práctica en el diseño e implementación. En línea. Primera edición. Montevideo. Instituto Nacional de la Leche. 30 páginas. Disponible en https://www.inale.org/tipo_de_informe/efluentes/.
- Instituto Nacional de la Leche. 2018. Impermeabilización de piletas de acumulación de efluentes de tambos. En línea. Primera edición. Montevideo. Instituto Nacional de la Leche. 20 páginas. Disponible en https://www.inale.org/tipo_de_informe/efluentes/.
- MVOTMA-DINAMA, OPP, LATU. 2016. Manual para la gestión ambiental de tambos. 83 páginas. Disponible en web del MVOTMA o <https://www.mvotma.gub.uy/ambiente/prevencion-y-control-para-el-cuidado-del-ambiente/control/guias-para-el-sector-industrial-y-agropecuario/item/10008029-manual-para-la-gestion-ambiental-de-tambos>