



Efluentes de Tambos en Uruguay

**Antecedentes bibliográficos nacionales e información
generada en Uruguay**

-Junio 2020-

Ing. Agr. Marcela Rodriguez

ONUDI- Proyecto Biovalor

Efluentes de Tambos en Uruguay- Antecedentes nacionales

En el marco de trabajo del Comité Técnico de Efluentes de Tambos, surge la necesidad de conocer la información nacional generada hasta el momento y las líneas de trabajo que se encuentran en desarrollo actualmente referidas al tema de efluentes. Concretamente, a los criterios para el diseño de los sistemas de gestión de efluentes de tambos (SGET) y factores que lo afectan, el uso agronómico mediante la aplicación a terreno así como su impacto sobre el suelo, plantas y aguas superficiales.

El presente informe es una recopilación de la información nacional generada (o en proceso) que existe en el país hasta el momento. Cuenta con el aval y consenso de las instituciones que integran el Comité Técnico; y está dirigido principalmente a técnicos vinculados al sector lechero y medio ambiente.

Utilizando los insumos bibliográficos señalados aquí, se podrán identificar fortalezas y debilidades para avanzar en la profundización del conocimiento de la temática en nuestro país, además de colaborar con la definición de nuevas líneas de investigación y trabajo futuras.

Las siguientes personas colaboraron en la revisión de este documento:

- Ana Bianco y Amabelia del Pino por Facultad de Agronomía (UdelaR)
- Elena de Torres por Facultad de Veterinaria (UdelaR)
- Alberto Hernández por Facultad de Ingeniería (Instituto de Ingeniería Química, UdelaR)
- Gabriela Illarze por Facultad de Ciencias (UdelaR)
- Alejandro La Manna por INIA
- Silvana Delgado por la Dirección General de Recursos Naturales (MGAP)
- Ernesto Triñanes por INALE
- Manuel Giménez por Conaprole y Facultad de Ingeniería (UdelaR)

A modo de facilitar el acceso a la información de las diferentes áreas trabajadas, esta recopilación se divide en los siguientes capítulos:

CAPÍTULO 1: Normativa vigente

CAPÍTULO 2: Manuales prácticos/Cartillas Técnicas

CAPÍTULO 3: Trabajos de investigación o estudios

CAPÍTULO 4: Resultados analíticos de campo con carácter de “dato”

CAPÍTULO 1. Normativa vigente

Normas que tienen por objeto prevenir la contaminación ambiental mediante el control de la contaminación de aguas.

- Decreto 253/79 y modificaciones

<https://www.mvotma.gub.uy/decretos-ministerio/item/10010048-decreto-253-979>

- Código de Aguas (Ley 14.859)

<https://legislativo.parlamento.gub.uy/temporales/leytemp443530.htm>

- Leyes de protección del medio ambiente: 16.466 y 17.283

<https://legislativo.parlamento.gub.uy/temporales/leytemp999099.htm>

- Legislación complementaria referida a calidad del agua y condiciones de operación de tambos: Ley 10.707 <https://legislativo.parlamento.gub.uy/temporales/leytemp4820424.htm>
- Ley 11.030 <https://legislativo.parlamento.gub.uy/temporales/leytemp8698385.htm>
- Decreto 182/13
<https://www.mvotma.gub.uy/decretos-ministerio/item/10009913-decreto-n-182-013>
- Decreto 152/13
<https://www.mvotma.gub.uy/decretos-ministerio/item/10004966-decreto-152-2013-reglamento-para-la-gestion-ambientalmente-adecuada-de-los-residuos-derivados-del-uso-de-productos-quimicos-o-biologicos-en-la-actividad-agropecuaria-hortifruticola-y-forestal>
- Decreto 349/05
<https://www.mvotma.gub.uy/decretos-ministerio/item/10010064-decreto-349-005>

CAPÍTULO 2. Manuales prácticos/Cartillas técnicas

a) MVOTMA-DINAMA

- **Manual para la Gestión Ambiental de Tambos.** 2016. OPP, DINAMA, LATU. 83 pág. <http://179.27.152.247/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>
- **Guía de gestión integral de aguas en establecimientos lecheros.** DINAMA, IMFIA, Conaprole, Fundación J. Ricaldoni. 2008. 231pág. <https://www.mvotma.gub.uy/component/k2/item/10002550-guia-de-gestion-integral-de-aguas-en-establecimientos-lecheros>

b) MGAP

Manual de medidas exigibles para cultivos y pasturas: Instructivo para la elaboración y presentación de Planes de Uso y Manejo Responsable de Suelos (actualización). DGRN. 2019, 7 pág. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/Actualizaci%C3%B3n%20del%20manual%20de%20medidas%20exigibles%205-2019.pdf>

Manual para la habilitación y refrendación de establecimientos productores de leche y queserías artesanales. DGSG. 2010, 33 pág. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/Manual_habilit_refren_tambos_ques_artes_v01.pdf

Manual para el manejo de Efluentes de Tambo. 2008. Fundación Julio Ricaldoni, Facultad de Ingeniería, Udelar, MGAP. 121 pág. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/manual_para_el_manejo_de_efluentes_de_tambo.pdf

c) CONAPROLE

- **Efluentes en el tambo,** 2018. Tambo Sustentable. Ficha Técnica N°13, 35 pág.

- **Guía de diseño y operación de sistemas de tratamiento de efluentes de tambos.** 2004. DINAMA, Conaprole, IMFIA, UdelaR- Facultad de Veterinaria, UTU. 88 pág. <https://www.mvotma.gub.uy/component/k2/item/10002551-guia-de-diseno-y-operaciones-de-sistema-de-tratamiento-de-efluentes-de-tambo>

d) INALE

- **Cartilla N°2: Criterios de aplicación de efluente al terreno y su implicancia práctica en el diseño e implementación.** 2019. MGAP-DGRN, DINAMA, CONAPROLE. Primera edición. 30 pág. https://www.inale.org/tipo_de_informe/efluentes/

- **Cartilla N°1: Impermeabilización de piletas de acumulación de efluentes de tambos.** Rodriguez, M. 2018. Primera edición. 20 pág. https://www.inale.org/tipo_de_informe/efluentes/

3. Trabajos de investigación o estudios

A continuación se presenta un cuadro índice a modo de organizar los trabajos y visualizar las temáticas tratadas en cada uno de ellos. Se cita más abajo, en forma cronológica, las referencias bibliográficas de acuerdo a la institución responsable. Para la mayoría de los casos, se indica breve resumen y un enlace web para acceder al documento. El tipo de documento se separa según características distintivas como: a) **Artículo:** carácter científico, con validez estadística, b) **Proyecto:** puede o no tener validez estadística. Puede tratarse de un informe final o bien del trabajo completo, c) **Consultoría:** puede o no tener validez estadística. Puede o no incluir información de otros trabajos. **Instituciones referentes, nomenclatura:**

UdelaR: Universidad de la República

FAGRO: Facultad de Agronomía

FVET: Facultad de Veterinaria

FING: Facultad de Ingeniería

FCIEN: Facultad de Ciencias

IIQ: Instituto de Ingeniería Química

CENUR: Centro Universitario Regional

CSIC: Comisión Sectorial de Investigación Científica

INIA: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

MGAP: Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca

DGRN: Dirección General de Recursos Naturales

DGDR: Dirección General de Desarrollo Rural

MVOTMA: Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente

DINAMA: Dirección Nacional de Medio Ambiente

BID: Banco Interamericano de Desarrollo

APL San José: Asociación de Productores de Leche de San José

SPLF: Sociedad de Productores de Leche de Florida

ANPL: Asociación Nacional de Productores de Leche

INALE: Instituto Nacional de la Leche

FUCREA: federación Uruguaya de grupos CREA

CONAPROLE: Cooperativa Nacional de Productores de Leche

BIOVALOR: Proyecto MIEM-MGAP-MVOTMA, financiado por Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI)

UTU/UTEC: Universidad del Trabajo del Uruguay/Universidad Tecnológica del Uruguay

PRODUCTO	INSTITUCIÓN	Tipo de trabajo	Año	Sistemas de gestión	Cálculo volumen excretas	Composición	Dimensionamiento depósitos	Sanidad animal	Impacto			
									Planta	Suelo	Aguas	Balance nutrientes y/o energía
1	UdelaR (FAGRO)	Artículo	2020	X						X		
2	UdelaR (FAGRO)-MGAP(DGDR)-INIA-BID	Proyecto	2018	X						X		
3	UdelaR (FAGRO)-CSIC- APL San Jose	Proyecto	2011			X		X	X	X	X	
4	UdelaR (FAGRO)	Artículo	2011			X						
5	UdelaR (FAGRO)	Artículo	2008			X				X		
6	UdelaR (FAGRO)-MGAP-FUCREA	Proyecto	2003			X			X	X	X	
7	UdelaR (FAGRO)	Artículo	1992			X			X	X		
8	FVET	Tesis de grado	2011	X		X		X			X	
9	UdelaR (FING-IIQ)	Artículo	2012				X				X	
10	UdelaR (FING-IIQ)	Artículo	2009								X	
11	UdelaR (FING-IIQ)	Artículo	2007								X	
12	UdelaR (FING-IIQ)	Artículo	2005	X			X				X	
13	UdelaR (CENUR)	Tesis de grado	2019	X			X				X	X
14	UdelaR (FCIEN)	Tesis de grado	2013	X							X	
15	INIA-INALE-MGAP-FAGRO-FVET-ANPL	Artículo	2011	X							X	
16	INIA	Artículo	2009									X
17	INIA	Artículo	2008									X
18	INIA-FPTA	Proyecto	2004	X	X	X	X	X			X	X
19	INIA	Artículo	1995	X		X			X	X		
20	INIA	Artículo	1993						X	X		
21	INIA	Artículo	1993						X			
22	INIA	Artículo	1992	X		X			X			
23	MVOTMA-MGAP-FING-INIA-CONAPROLE-SPLF	Proyecto	2011								X	
24	MVOTMA (DINAMA)	Consultoría	2015	X	X	X						X
25	INALE	Consultoría	2015	X								
26	INALE	Consultoría	2015	X								
27	BIOVALOR-UdelaR-INIA-UTU/UTEC-MGAP-MVOTMA-INALE	Proyecto	2020	X		X		X	X	X	X	X
28	BIOVALOR	Consultoría	2020	X		X						
29	BIOVALOR-UdelaR (FAGRO)	Consultoría	2019			X		X		X	X	
30	BIOVALOR	Consultoría	2018	X		X						

UdelaR- Facultad de Agronomía

Producto 1. Distribución espacial de propiedades químicas en suelos bajo aplicación de efluentes de lechería. del Pino, A., Takata, V., Assanelli, A., Bianco, A., Gutiérrez, S., Casanova, O. 2020, 21 pág. A publicarse próximamente en Revista Terra Latinoamericana, México.

El objetivo del trabajo fue caracterizar los efectos producidos por diferentes sistemas de manejo y aplicación de efluentes sobre la distribución espacial de las propiedades del suelo: pH, contenido de carbono orgánico (CO), fósforo (P) disponible y cationes intercambiables: calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na). Se estudiaron cinco situaciones contrastantes de manejo de efluentes: un caso de aplicación de efluentes frescos sin tratar (riego directo), tres casos de sistemas con piletas y distribución en terreno mediante una línea de riego o con cisterna estercolera, y un caso con aplicación de la fracción líquida de efluentes frescos obtenida por separación de los sólidos mediante prensa extrusora. Se concluye que el método de aplicación de los efluentes influyó sustancialmente en la distribución espacial de las propiedades del suelo

Producto 2. Diagnóstico de situación actual y plan piloto de evaluación de distintas alternativas de manejo de efluentes en la zona de influencia de la Sociedad Fomento Rural de La Casilla. Casanova, O., del Pino, A. 2018. Proyecto "Mas tecnologías para la producción Familiar" MGAP-DGDR, INIA, BID.
<http://www.inia.uy/Documentos/Privados/Proyectos%20M%C3%A1s%20Tecnolog%C3%ADas%20para%20la%20Producci%C3%B3n%20Familiar/Resultados/Resultados%20proyecto%20M%C3%A1s%20Tecnolog%C3%ADas%20Edici%C3%B3n%202-%20LECHER%C3%8DA.pdf>

El proyecto se propone generar y validar información en territorio (La Casilla, departamento de Flores) sobre la gestión de efluentes de tambo. El proyecto ha permitido avanzar en un plan piloto de evaluación de distintas alternativas de manejo de efluentes en predios de productores familiares. La información generada a partir de los resultados de una encuesta (indicadores productivos y económicos fundamentalmente, ambientales y sociales) será una herramienta más para la toma de decisiones de los productores para planificar y gestionar los efluentes de tambo. Un aspecto clave ha sido la participación de las familias, de forma que los niños y jóvenes como futuras generaciones, vayan familiarizándose con esta temática y contribuir entre todos a una cultura amigable con el medio ambiente. Las diferentes alternativas de manejo de los efluentes evaluados junto con la entidad investigadora son: aplicación con estercolera del efluente líquido acumulado en piletas por un período considerable de tiempo, riego por aspersión del efluente líquido acumulado en piletas por un período considerable de tiempo y riego diario a campo.

Producto 3. Productividad y sustentabilidad de una rotación forrajera intensiva bajo pastoreo, con incorporación de riego estratégico y nutriente de efluentes de tambo. Mello, R. García, M., Álvarez, J., Casanova, O. Del Pino, A., Zanoniani, R., Ferreira, A. 2011. UdelaR, CSIC, Asociación de productores de Leche de San José.
http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/investiga/DSA_FS_EX1.htm

El presente proyecto, pretende abordar dos elementos relevantes en forma integral y conjunta para los Sistemas Lecheros, que son: la alta variabilidad en la producción forrajera estival e

inicios de otoño y el sostenimiento y/o incremento de la productividad de los suelos, a través del reciclaje de los nutrientes comprendidos en los efluentes generados en pisos de ordeño y alimentación. En los sistemas de producción de leche del Uruguay, no existen antecedentes en forma sistémica, del impacto que se puede lograr cuando se logran superar las restricciones hídricas de todos ó algunos de los componentes de la cadena forrajera, evaluados a través de más de un ciclo de rotación.

Producto 4. - Caracterización de materiales orgánicos aplicados en sistemas agrícolas intensivos de Uruguay. Barbazán, M., del Pino, A., Moltini, C., Hernández, J., Rodríguez, J. 2011. Agrociencia Uruguay - Volumen 15, pp. 82-92.

<http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v15n1/v15n1a10.pdf>

Aunque el agregado de materiales orgánicos a los suelos es una práctica común en sistemas agrícolas intensivos de Uruguay, existe muy poca información sobre la composición de estos materiales. El objetivo de este estudio fue caracterizar física y químicamente los materiales orgánicos utilizados en las zonas de producción hortícola del norte y sur del país, inmediatamente antes de su incorporación al suelo. Se analizaron, distintos tipos de estiércol (vaca, gallina), cama de pollo (aserrín, cáscara de arroz), mantillo y compost. En las muestras se determinó materia seca, densidad, pH, conductividad eléctrica, cenizas, contenido de lignina, polifenoles, C soluble, N-NH₄⁺ y contenidos totales de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S y Na) y micronutrientes (Cu, Fe, Mn y Zn). Los análisis químicos y físicos evidenciaron una gran variabilidad de las características analizadas, aún dentro del mismo grupo, explicado por la heterogeneidad en el origen de los materiales y las condiciones de almacenamiento.

Producto 5. Patrones de descomposición de estiércoles en el suelo. Del Pino, A., Repetto, C., Mori, C., Perdomo, C. 2008. Terra Latinoamericana, vol. 26, N°1 (2008), pp. 43-52.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v26n1/v26n1a6.pdf>

El objetivo de este estudio fue determinar y comparar los patrones de mineralización de estiércol de gallina (EG), estiércol de vaca (EV) y cama de pollo (CP, mezcla de estiércol de pollo y cáscara de arroz), incorporados al suelo, para evaluar su aporte de N y su efecto sobre las características del suelo y actividad de los microorganismos. El EV, que no realizó un aporte significativo de N en los primeros 25 días, promovió en cambio la posterior actividad microbiana en el suelo. Se midieron además de N y C, propiedades del suelo como pH, conductividad eléctrica y biomasa microbiana.

Producto 6. Reciclaje y uso productivo de efluentes de tambo. Casanova, O., Durán A., Mello, R y del Pino, A. 2003. Proyecto de Validación de Tecnologías, 41 pág. **Manejo de efluentes de tambo.** Casanova, O., Durán A., Mello, R y del Pino, A. 2007. Revista Cangüé, EEMAC, Paysandú, N° 29, pp. 94-96. Ambos trabajos pertenecen al mismo estudio.

http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/Cangue_29/94-96.pdf

Haciendo la salvedad de que este trabajo se realizó en un solo sitio, la contribución más importante en cuanto a los aspectos productivos es la siguiente: 1) El uso del efluente acumulado durante 5 años en la laguna anaeróbica y volcado a potreros que forman parte de la rotación forrajera aumenta la productividad de los verdeos (suelos) si se lo combina con la tradicional fertilización química que realiza el productor. 2) El uso del efluente acumulado en la

pileta de retención podría generar efectos negativos sobre la productividad de los verdes si es utilizado como material para refertilizar luego de cada corte de la pastura, al menos en este estudio en particular. El uso de este material debe ser, incorporarlo a potreros que por su historia intensiva de uso sea necesario comenzar un proceso de recuperación de sus propiedades físicas y químicas. 3) La utilización del efluente de la laguna anaeróbica para la situación evaluada, no provocaría un impacto significativo en términos de superficie a mejorar en el predio (1.5 % del área cada 5 años); siendo el tipo de deposición final a través del reciclaje lo más destacable. 4) Cualquier sistema de producción intensiva de forraje como la evaluada en este trabajo, no nos exonera de la aplicación de fertilizante químico (N, P y K) que nos permita manifestar la potencialidad de los verdes.

Producto 7. Efecto de la aplicación de efluentes orgánicos en tambo sobre la producción de verdes y propiedades fisicoquímicas del suelo. Silva, A., Ponce de León, J., Cavassa, R y Reyes, W. 1992. Nota Técnica N° 16, 16pág.

Se llevaron a cabo estudios exploratorios con el fin de evaluar diferentes dosis de efluentes orgánicos de tambo, en la producción de verdes de verano (sorgo y maíz) y de invierno (avena) y en algunas propiedades fisicoquímicas del suelo (MO, pH, % agua a CC y DAp). En los verdes se midió el rendimiento de MS y la extracción de N, P y K foliar. Los resultados obtenidos muestran un incremento de la producción para sorgo, maíz y avena del 30, 45 y 32%, respectivamente, en relación al testigo. Paralelamente se encontró un aumento significativo de la calidad del forraje en el maíz. En cuanto a las propiedades químicas del suelo no se observaron diferencias, en tanto para las físicas se encontró un ligero aumento en la porosidad total, siendo la macroporosidad la responsable de dicho cambio.

UdelaR- Facultad de Veterinaria

Producto 8. Estudio de la capacidad de remoción de bacterias indicadoras de patógenos en un sistema de tratamiento de efluentes de tambo. García Mosquera, M., Pollak Nin, M. 2011. Tesis de grado, 37 pág.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/19946/1/FV-29241.pdf>

La gestión de estos efluentes implica un desafío desde el punto de vista del riesgo sanitario ya que estos pueden contener diversos microorganismos patógenos, por lo que se deben generar mecanismos de monitoreo para prevenir posibles impactos en la salud pública y animal. El aislamiento de microorganismos indicadores de patógenos en los sistemas de tratamiento de efluentes es un mecanismo apropiado para tal fin. Los microorganismos indicadores utilizados fueron Enterobacterias, Coliformes totales y fecales. Se comprobó que el sistema estudiado no fue eficiente en la remoción de microorganismos indicadores (90%). Los parámetros obtenidos de remoción no permiten el vertido a cursos de agua, para lo que se brindan algunas pautas generales para su reutilización en agricultura.

UdelaR - Facultad de Ingeniería – Instituto de Ingeniería Química

Producto 9. Estimación de los parámetros nacionales y básicos para el manejo de efluentes de tambos. Parte 1: caracterización de la descarga. Gutiérrez, S., Cabrera, N. 2012. Ingeniería

Química - Publicación técnica e informativa de la Asociación de Ingenieros Químicos del Uruguay N° 41 (2012), 7 pág.

https://www.researchgate.net/publication/273135239_TRATAMIENTO_DE_LA_PAJA_DE_ARR_OZ_MEDIANTE_FERMENTACION_ANAEROBIO_EN_ESTADO_SECO

En este artículo se presentan los resultados de la caracterización de la descarga bruta en un tambo y se expone una metodología propuesta para la estimación de la descarga en cada tambo particular. A partir de datos de producción conocidos por el técnico (litros de leche producida, tamaño del rodeo, digestibilidad de la excreta y tiempo medio de ordeño) se estima la cantidad de sólidos generados en el área de ordeño, con un error aceptable para propósito de diseño.

Producto 10. Reducing variability in estimating wastewater composition in dairy farms during milking operations. Gutiérrez, S., Cabrera, N., Benítez, A., Melani, E. 2009. Biosystems Engineering N°103 (2009), pp. 497 – 503.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511009001846?via%3Dihub>

Producto 11. Criterios de diseño para lagunas de efluentes de tambos en condiciones nacionales. Gutiérrez, S., Cabrera, N. 2007, 8 pág.
https://pdfs.semanticscholar.org/a061/35b1da80e057a9085b2ad2b20985720dcd5c.pdf?_ga=2.118660361.1893594233.1594406802-1432132627.1594406802

El presente trabajo intenta discutir los resultados obtenidos de sistemas de lagunajes diseñados siguiendo los criterios de efluentes cloacales o importando criterios de otras partes del mundo, así como presentar ecuaciones de diseño para este tipo de sistemas operando en las condiciones de producción nacional.

Producto 12. Modelling sludge accumulation in an anaerobic pond for treating dairy farm wastewater. Cabrera, N., Gutiérrez, S. 2005. *Memorias del VIII Taller y Simposio Latino Americano sobre Digestión Anaerobia.*

UdelaR- Centro Universitario Regional Litoral Norte (CENUR)

Producto 13. Análisis de factibilidad de la gestión y reutilización de efluentes líquidos de tambo. Estación Experimental Facultad de Agronomía, Salto (EEFAS). Senattore, F., Russo, P. 2019. Tesis licenciatura (Proyecto). 180pág. <http://agua.unorte.edu.uy/wp-content/uploads/2019/09/Proyecto-Senattore-Russo.pdf>

Efectuar aplicaciones de efluente líquido a terreno, reutilizándolo como fertilizante orgánico, y consumir los nutrientes aplicados con cultivos determinados en rotación. Se proponen dos métodos de aplicación, uno manual (Criterio 1) que consiste en estercolera que el operario maneja con tractor. Y otro semi-automatizado (Criterio 2), que consiste en estación de bombeo seguida de un cañón fijo; que se puede accionar mediante un botón, indicándole a un Controlador Lógico Programable (PLC), cuándo aplicar, y cuando recircular en laguna (para evitar estratificación). Con esto se lograría: minimizar el riesgo de erosión del suelo, minimizar el riesgo de eutrofización de aguas superficiales, minimizar el riesgo de contaminación de cultivos y aguas subterráneas por patógenos.

UdelaR- Facultad de Ciencias

Producto 14. Exportación de nutrientes y sólidos en cuencas lecheras de Uruguay. García Pesenti, L. 2013. Tesis de grado, 54 pág. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/5058/1/uy24-16713.pdf>

INIA

Producto 15. Determinación de los parámetros a ser usados en una matriz de riesgo geográfica predial para clasificar los riesgos potenciales de contaminación de los tambos. La Manna, A., Malcuori, E., Casanova, O., De Torres, E., Marzaroli, J., Vasallo, C., Zorrilla, D. 2011. INIA, INALE, MGAP, CONAPROLE, ANPL, UdelaR (Facultad de Agronomía y Veterinaria). Seminario (2011, Montevideo, UY). Sustentabilidad ambiental de los sistemas lecheros en un contexto económico de cambios. La Estanzuela: INIA, 2011, pp. 8-12. (Serie Actividades de Difusión N°663).

<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/643/1/112761101111104747.pdf>

La matriz de riesgo geográfica-predial es una herramienta para diagnosticar posibles potenciales de contaminación en los tambos. Permitirá priorizar los recursos escasos a aquellos casos donde halla el mayor retorno en prevenir la potencial contaminación.

Producto 16. Implicancias productivas, económicas y ambientales de la intensificación de la producción de leche pastoril en Uruguay. La Manna, A., Duran, H. 2009. Resúmenes expandidos Simposio “Efectos de la Agricultura, la Lechería y la Ganadería en el Recurso Natural Suelo: Impactos y Propuestas”, pp. 81-84. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/564/1/112761270809100748.pdf>

Se discute el impacto productivo y ambiental de la intensificación lechera, de la Siembra Directa, el papel de las leguminosas y la posibilidad de obtener altas producción de leche por ha con mínimo ó cero fertilizante nitrogenado, en el contexto de avanzar hacia sistemas lecheros más sustentables en términos productivos y ambientales.

Producto 17. Balance de nutrientes en tambos, una primera aproximación al proceso de identificación y su potencial impacto en el ambiente. La Manna, A., Durán, H. 2008. XXXVI Jornadas Uruguayas de Buiatría, pp. 12-17. <https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/handle/123456789/98>

Producto 18. Proyecto INIA_FPTA nº 138. Estimación de los parámetros nacionales básicos para el procesamiento y utilización de los residuos sólidos y líquidos de tambos. INIA-Facultad de Ingeniería. Viñas, M., Gutiérrez, S., La Manna, A., Cabrera, N. 2004, 214pág. <https://www.fing.edu.uy/iq/reactores/publicaciones/estimacion.pdf>

Identifica y determina los parámetros básicos de diseño, correspondientes a las condiciones nacionales, para el cálculo de los volúmenes para el procesamiento y utilización de los residuos sólidos y líquidos de tambos y desarrolla una metodología para realizar la selección del o los procesos a instalar, teniendo en cuenta aspectos técnicos, económicos y ambientales. Incluye cálculos de estimación de volumen de excretas, dimensionamiento depósitos para almacenamiento de efluentes, remoción de patógenos.

Producto 19. Manejo de residuos orgánicos en tambos. 2° edición ampliada 1995. La Manna, A. INIA Boletín de Divulgación N° 53, 39pág. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2753/1/111219240807160023.pdf>

Descripción de diferentes estructuras de separación y almacenamiento de efluentes, aspectos operativos y de manejo.

Producto 20. Efecto del estiércol y el riego en el rendimiento de materia seca total en una rotación forrajera intensiva. Jornada sobre Presentación de Resultados Experimentales. La Manna, A. 1993. Publicación INIA La Estanzuela, pp. 39-42. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8127/1/UY.INIA.JL.1993.-p.39-42-La-Manna.pdf>

El valor de efluente como fertilizante es afectado por el sistema de tratamiento/almacenamiento y el tiempo que está almacenado. Incorporar efluente sin que haya tenido suficiente tiempo en un sistema de almacenamiento en invierno reduce los rendimientos en materia seca a mayores dosis aplicadas. Incorporar efluente en las mismas condiciones que en el anterior ítem pero en verano sustituye en buena medida el uso de fertilizante.

Producto 21. Ensayo de fuentes y niveles de estiércol en una rotación forrajera intensiva. Jornada sobre Presentación de Resultados Experimentales. La Manna, A. 1993. INIA, pp.43-45. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8129/1/UY.INIA.JL.1993.-p.43-45-La-Manna.pdf> Resumen ídem producto 11.

Producto 22. Manejo de residuos orgánicos en tambos. La Manna, A. 1° edición 1992. INIA Boletín de Divulgación N° 23, 32pág. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2720/1/111219240807154839.pdf> Resumen ídem producto 12.

MVOTMA (DINAMA) Y MGAP

Producto 23. Aplicación de la Matriz de Riesgo Ambiental en 130 tambos de la Cuenca Medio Inferior del Río Santa Lucía Chico (Proyecto Florida Sustentable). MGAO, MVOTMA (DINAMA), INIA, SPLF, OSE, Conaprole. Alejandro La Manna, A., Malcuori, E., Barreira, A., Cazet, M., Figueredo, F., Zorrilla, J., Nicola, L., Perez, F., Hill, M., Olivero, V., Martínez, V. 2011. 5pág. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/635/1/112761101111105411.pdf>

La matriz de riesgo permitió identificar en forma objetiva a aquellos tambos con mayor potencial de contaminar. Esto sirvió para dirigir con criterio técnico las financiaciones parciales de soluciones al tema efluentes y gestión de los mismos. El agregado de una categoría más en la matriz en conjunto con el uso de subíndices dará mayor rapidez y precisión al uso de la matriz. La matriz de riesgo geográfico predial se presenta como una herramienta eficaz para estratificar por riesgo a los tambos y poder dirigir los recursos económicos cuando estos son limitantes en aquellos predios donde se logre que por cada peso invertido la devolución a la sociedad represente la mayor prevención de la polución.

MVOTMA (DINAMA)

Producto 24. Procedimientos para calcular la generación y la recolección de efluentes y estiércol vacuno, y su carga de nutrientes. Reyes, W. 2015. DINAMA, División Promoción del Desarrollo Sostenible, 15pág.

INALE

Producto 25. Manejo de efluentes de la lechería en Uruguay: resumen de los hallazgos y recomendaciones para futuras mejoras. Houlbrooke, D.J. 2015, 26 pág. Consultoría de un experto neozalandez (AgResearch)

<https://docplayer.es/71402861-Manejo-de-efluentes-de-la-lecheria-en-uruguay-resumen-de-los-hallazgos-y-recomendaciones-para-futuras-mejoras.html>

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)

Producto 26. Informe Estudio de Casos. Gutiérrez, S., Bianco, A., Gutiérrez, A., Toledo, D. 2015, 128 pág. Sin publicar.

El presente informe tiene como objetivo definir distintos manejos de efluentes de tambo y detallar los costos asociados; así como estudiar el posible impacto sobre algunos aspectos ambientales.

BIOVALOR (MIEM-MGAP-MVOTMA/FMAM-ONUDI)

Producto 27. Proyecto “Circularidad de nutrientes en producción de leche en Uruguay” Marzaroli, J., Delgado, S, Peregalli, J., Rodriguez, L., Arataveytia, J., Triñanes, E., Chilibroste, P., Ortega, G., Mello, R., De Torres, E., La Manna, A., Fariña, S., Ramos, J., Panizza, J., Pons, A., Hernandez, A., González, M.J., Benzano, F., Rodriguez, M. 2019-2021. Se encuentra en estado de ejecución por lo que sólo existen resultados parciales. Artículo Revista INIA, 2020, N°61, pp. 44-46.

<https://biovalor.gub.uy/descarga/biovalor-articulo-inia-circularidad-de-nutrientes-en-tambos/>

Atiende la necesidad de obtener información nacional referente al impacto que genera una correcta gestión de efluentes en tambos, bajo la lógica de funcionamiento de la economía circular. Se evalúan los aspectos agronómicos, ambientales, sanitarios y económicos de los tambos, a partir de la implementación de nuevos SGE basados en el aprovechamiento de los nutrientes.

Producto 28. Evaluación operativa de separadores de sólidos para efluentes de tambo. Informe Final. Hernández, A., Benítez, A. Consultoría de PRAXIS LAB para BIOVALOR en el marco del Proyecto ONUDI 120323 (2020). Trabajo en fase final de elaboración.

Estudio de caso: se evaluaron distintos tipos de separadores de sólidos: 1 estercolero, 1 tamiz y 3 prensas extrusoras. Se midieron caudales y consumos de energía de los equipos. Se muestreó el sólido resultante y el líquido de entrada y salida cada sistema, determinando sus fracciones en términos del tipo de sólido encontrado, realizando así una caracterización de su composición. Los parámetros medidos en cada fracción tanto del líquido de entrada, de salida y del sólido separado. En los líquidos se analizaron sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV), sólidos sedimentables totales (SST), demanda química de oxígeno (DBO), nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), mientras que en el sólido separado se determinó ST, SV, N, P y K. Se determinaron las eficiencias de reducción de parámetros, comparando entrada y salida del líquido en cada separador y la eficiencia de separación según rango de tamaño de partículas sólidas. Se evaluó el efecto de los diferentes separadores sobre el tiempo de colmatación de una laguna (sin considerar agitación y extracción por bomba de aplicación de efluente), los volúmenes de sólidos y los costos asociados a la gestión de los sólidos en cada caso. Los diferentes equipos operan según diferentes mecanismos de separación de sólidos. Se propone el uso del parámetro Sólidos Suspendidos Totales para describir el funcionamiento de los separadores. Para hacer comparaciones debe ir asociado a la distribución de tamaños de partícula. Todos los separadores evaluados mostraron buenas eficiencias de separación de los sólidos suspendidos de mayor tamaño presentes en el líquido, y mostraron resultados variables para los sólidos intermedios y menores. Los sistemas mecánicos permiten recuperar un material sólido de menor humedad y de manipulación más simple que el de un estercolero. En todos los casos evaluados, los sólidos recuperados presentaron propiedades químicas (y en especial, concentraciones de N, P, K) alineadas con el concepto de “mejorador de suelos”.

Producto 29. Caracterización de residuos agroindustriales. Del Pino, A. 2019. Facultad de Agronomía, UdelaR, 78pág.

<https://biovalor.gub.uy/descarga/informe-tecnico-caracterizacion-de-residuos-agropecuarios-y-agroindustriales/>

Este trabajo sienta las bases para avanzar en la utilización de residuos agroindustriales como mejoradores de suelos, incluyendo el estiércol de vaca. No solamente es aplicable a la situación actual del país, sino que se adapta a cambios en las condiciones económicas, de producción o las regulaciones ambientales para su utilización. También puede ser tomado como base para la planificación del procesamiento de las diferentes corrientes de residuos por ejemplo en la elaboración de fertilizantes organo-minerales.

Producto 30. Evaluación operativa de equipos de separación de sólidos de efluentes de tambo y caracterización del residuo sólido obtenido, con vistas a su aprovechamiento productivo. Hernandez, A., Benitez, A., Portillo, I., Verdier, L., Benzano, F., González, MJ., Emmer, V. 2018, 8 pág.

<http://congresoresiduos.uy/wp-content/uploads/2018/12/HERNANDEZ-Evaluaci%C3%B3n-operativa-de-equipos-disponibles-en-Uruguay-con-diferentes-tecnolog%C3%ADas-de-separaci%C3%B3n-s%C3%B3lido-l%C3%ADquido-para-efluentes-de-tambo-VF.pdf>

En este trabajo se presenta un estudio de casos, en base a muestreos de separadores de sólidos operativos en tambos uruguayos. Se evaluaron tres separadores mecánicos diferentes (dos extrusoras y un tamiz) y un separador por gravedad (estercolero). Se realizó en laboratorio el fraccionamiento por tamaño de los sólidos presentes en los líquidos de entrada y salida de cada sistema, y se los caracterizó analíticamente (Materia Orgánica, Nitrógeno, Fósforo, Potasio). Para los distintos parámetros se determinó la eficiencia de separación según rango de tamaño para cada uno de los equipos evaluados. Se realizó una evaluación crítica de la forma de expresión de las eficiencias de separación de los equipos, recomendándose el uso de parámetros másicos (como por ejemplo, Sólidos Suspendidos). Se analizó el material sólido separado en cada caso, con vistas a su aprovechamiento productivo (reciclado de nutrientes y materia orgánica). Los resultados presentados son preliminares ya que se encuentra en curso el estudio de otros equipos.

Otros recursos: se trata de herramientas, estudios, artículos de revistas de difusión, capacitaciones, material audiovisual, didáctico y proyectos próximos a ejecutar.

UdelaR- Facultad de Agronomía

- **Curso de gestión de efluentes de tambo.** Fagro-INALE. 2016.
- **Evaluación agronómica de la aplicación al suelo de sólidos provenientes de extrusado de efluentes de tambo.** Arrarte, G., Del Pino, A., Takata , V., Casanova, O. 2019.

INIA

- **Uso de efluentes de tambo: no es crema todo lo que proviene de la vaca.** La Manna, A. 1995. El País Agropecuario, 1995, v. 1, no. 10, pp. 23-25.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10142/1/10.pdf>
- **Sistema de manejo de efluentes en tambos.** La Manna, A., Román, L. 2014. [Video] In: Ciclo de Jornadas [sobre] Gestión de Efluentes en Tambos, 2014, Valdense, Colonia, UR. Conferencia brindada a productores lecheros. video 51:24 m.
<https://www.youtube.com/watch?v=cxfOEdUpHME>
- **Consideraciones a tener en cuenta en efluentes de tambos.** La Manna, A. 2014. Cuenca, v. 5, n. 27, pp. 50-51.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12504/1/Cuenca-v.-5-n.-27-p.-50-51-2014-La-Manna.pdf>
- **Efluentes de tambos: algunas consideraciones para tener en cuenta, más allá de que sistema vamos a elegir.** La Manna, A. 2016. Revista Todotambo, n. 210, pp. 36-38.
- **Estrés térmico y uso de efluentes.** La Manna, A. 2014. Cuenca, v. 5, n. 23, p. 54.

- **Uso de un modelo basado en el manejo del riesgo para priorizar casos ambientales. Ejemplo de una matriz de riesgo aplicada al manejo y almacenamiento de efluentes de tambos.** La Manna, A., Malcuori, E. 2007. Revista INIA, 2007, no. 11, pp. 41-42
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6854/1/Revista-INIA-11-p.41-42.pdf>

MGAP-canal YouTube

- **MGAP apoyó a productores lecheros en Manejo de Efluentes.** DGDR. 2013. https://www.youtube.com/watch?v=Ow1r_UXKoms&list=PLrJdcr7_J2vizQm2cROH9UIP1O3D_4WG-&index=2&t=0s
- **Biodigestores.** DGDR. 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=MsvPgGxCz3s>
- **Taller de Actualización en gestión ambiental de tambos y manejo de efluentes.** DGRN, DINAMA, BIOVALOR, Conaprole, INALE. 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=ZcGXl77N7js>

INALE

- **Evaluación a nivel predial de la disminución de aportes de nutrientes (Fósforo y Nitrógeno) a los recursos hídricos mediante tecnologías de aplicación al terreno de efluentes de tambo (circularización productiva de nutrientes).** INALE, MGAP, MVOTMA, FAGRO, FING. Proyecto CTAguas-INALE, 2020 a ejecutar en el corto plazo.

BIOVALOR

- **Calculadora BioValor. 2019.** <https://biovalor.gub.uy/calculadora/>
Permite estimar el potencial de valorización de residuos según sector y tecnología.
- **Mapa de residuos – Tambos por sección judicial.** BioValor. 2014. <https://biovalor.gub.uy/descarga/mapa-de-residuos-tambos-por-seccionpolicial/>
Disponible también en Visualizador DINAMA <https://www.dinama.gub.uy/visualizador/index.php?vis=sig>
- **Ficha Técnica de residuos-Tambos.** 2019. <https://biovalor.gub.uy/descarga/ficha-tecnica-de-residuos-tambos/>

CONAPROLE

- **Tambo Sustentable.** Conaprole, BID, FOMIN. <https://www.sustentable.eleche.com.uy/efluentes-2/>

SPLF

- **Nuevo servicio de Gestión de Efluentes en tambos.** Fiol, G., Barreira, A. 2017. Revista La Lechera N°16. 2017. pp. 6-9. <https://splf.com.uy/la-lechera/La%20Lechera%20MAYO%202017.pdf>

4) Resultados analíticos “datos”

Mediante la sistematización de los datos generados, se intenta determinar valores “guía” de los principales parámetros que permiten caracterizar los efluentes. De acuerdo a cada institución, se detalla la cantidad de muestras, laboratorio que realizó el análisis y el momento de muestreos (estación o año). Cabe destacar que la información respecto al sistema productivo, sitio, situación, momento, tipo de SGE, período de acumulación y eficiencia en el uso de agua, la cual sería importante conocer para procesar los resultados, es ineficiente en todos los casos. No obstante, se destaca la SPLF, en convenio con INALE, en la especificación de dicha información, al menos en forma parcial.

MVOTMA-DINAMA

- 37 muestras de efluente líquido tomadas a la salida del sistema, última estructura de almacenamiento. Parámetros señalados en la normativa vigente: pH, sólidos sedimentables (SSed), sólidos totales (ST), demanda biológica de oxígeno (DBO5), fósforo total (P), Nitrato (NO3), Nitrógeno Kjeldhal, aceites y grasas. Laboratorio DINAMA. Período 2017-2019.

CONAPROLE

- 11 muestras de efluente. Parámetros definidos por Tambo Sustentable: Corg., K, sodio (Na), calcio (Ca), magnesio (Mg), DQO y demás parámetros definidos en la normativa (DINAMA). Laboratorio Ecotech. 2020. Tambo Sustentable.

INALE- SPLF y SPLR

- 83 muestras de efluente y 16 muestras de fracción sólida (producto de la separación). Parámetros definidos por INALE e INIA: materia seca (MS), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), carbono orgánico (Corg.). Laboratorio INIA. Período 2017-2019.

Los resultados impiden realizar un análisis exhaustivo y permitir obtener conclusiones categóricas mediante la aplicación de herramientas estadísticas. En primer lugar porque muchas veces se miden distintos parámetros, además de utilizar diferentes métodos analíticos. Los análisis de DINAMA y Conaprole coinciden en la determinación de la mayoría de los parámetros pero la información respecto al SGET, momento del muestreo y período de acumulación, es insuficiente. Al sistematizar los resultados surgen otras apreciaciones:

- La DINAMA y Conaprole coincide en analizar parámetros señalados en la normativa que pretenden reflejar un posible impacto ambiental principalmente en aguas superficiales y subterráneas. A diferencia de INALE (junto con las SPLF y R) que determinan parámetros de composición para inferir el impacto del uso agronómico (sistema suelo-planta).
- Existen diferencias en los métodos analíticos en la determinación de parámetros, así como distintas unidades de expresión de resultados. Algunos analizan en base húmeda y otros en base seca.
- Para lograr determinar diferencias entre materiales se requiere información del SGET, momentos y métodos de los muestreos.
- La variabilidad en los resultados es muy alta, aspecto reconocido desde siempre en el ámbito académico nacional.

A continuación se resumen los principales indicadores para reflejar los valores de los parámetros analizados, según institución. De acuerdo a la información que brinda cada institución, se señalan en cada caso lo que fue posible sistematizar y procesar.

a) DINAMA: Efluente (únicamente fracción líquida)

DINAMA 2017-2019	pH	Ssed (ml/L)	Stotales (mg/L)	DBO5 (mgO2/L)	Fosforo total (mgP/L)	NO3 (mgNO3-N/L)	Ntotal Kjeldhal	Aceites y Grasas (mg/L)	N° muestras
Media	7,7	57,7	2932,4	294,3	46,0	1,0	213,6	95,0	37
Rango	6,4-8,2	1,5-400	1300-9600	25-2000	18-130	0,05-2,5	59-960	12,5-365	

*SGET (2017-2018)	pH	Ssed (ml/L)	Stotales (mg/L)	DBO5 (mgO2/L)	Fosforo total (mgP/L)	NO3 (mgNO3-N/L)	Ntotal Kjeldhal	Aceites y Grasas (mg/L)	N° muestras
E-LA (2)-LF	7,7	3	1975	112,5	38,3	2,5	185,0	26,5	4
D-E-LA-LF	7,9	50,0	3000,0	175,7	46,0	0,4	187,8	85,3	12
D-E-LA-LF (2 LF o 2 LA)	7,9	<0,5	2300	104,3	41	<0,6	125,3	45,5	3
D-EX-LA(2)-LF (2 o 3 LA)	7,9	8,75	2950	650,0	31,5	<0,2	220,0	162	2
E(2)-LA(2)-H(2)-LF	7,7	2,5	2500	93	50	0,052	160	<LC	1

*Se logra clasificar tipo de SGET en 22 muestras. E: estercolero, D: desarenador, LA: laguna anaerobia, LF: laguna facultativa o almacenamiento, EX: extrusora, H: humedal. LC: límite de cuantificación.

b) Conaprole: Efluente (únicamente fracción líquida)

Conaprole 2017-2019	Stotales (mg/L)	C. Org. (%)	DBO5 (mgO2/L)	DQO(mgO2/L)	Fosforo total (mgP/L)	NO3 (mgN O3-N/L)	Ntotal Kjeldhal (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/Kg)	Mg (mg/Kg)	Na (mg/Kg)	Ssed (ml/L)
Media	11984,8	0,2	470	3852	71,4	47,5	465,9	485,5	253,2	101,2	195,8	900
Rango	2280-46175	0,06-0,4	39-1026	3568-4136	21-147	25-70	88-1038	238-1130	126-500	20-250	105-300	

Se incluyen 11 muestras en total. 6 corresponden a SGET sin separación de sólidos y 5 con separación (pasiva (2) y mecánica (3)), piletas únicas, 1er y 3eras.

Teniendo en cuenta los parámetros medidas en ambas instituciones, los rangos de valores de ST, fósforo total, nitrato y N total resultan ser más amplios en Conaprole que en DINAMA.

c) INALE-SPLF: Efluente

En los cuadros siguientes se muestran los promedios ordenadas en forma decreciente, según grado de significancia en las diferencias encontradas. Es decir, analizando la información de las variables, existe mayor variación en los resultados teniendo en cuenta en primer lugar, el período de acumulación, luego la estación del año que se realiza el muestro, tipo de separación de sólidos que presente el SGE y por último la pileta de donde se extrajo la muestra.

Promedios según período de acumulación	MS (%)	P (mg/g)	N (%)	K (%)	C. Org. (%)
<2años	8,65	4,13	2,50	1,40	23,69
2 a 5 años	11,05	5,15	2,14	1,24	21,03
>5 años	9,03	4,79	2,12	1,47	21,80
Promedios según estación					
invierno	11,99	1,42	1,90	0,61	16,16
primavera	8,31	3,80	1,69	1,09	20,12
verano	9,96	4,89	2,32	1,38	23,35
otoño	8,38	5,23	2,25	1,78	20,99
Promedios según separación					
nula	9,60	4,41	1,90	1,37	19,83
pasiva	10,10	4,28	2,27	1,23	22,38
mecánica	7,33	5,47	2,35	1,93	21,85
Promedios según pileta					
1	10,48	4,88	2,23	1,39	21,33
2	7,07	5,15	2,61	1,83	24,63
3	5,83	4,38	2,81	1,21	29,05

*Los valores de porcentaje están expresados en base seca de la muestra.

Considerando el total de las 83 muestras analizadas, surgen los siguientes indicadores:

Indicador	MS (%)	P (mg/g)	N (%)	K (%)	C. Org. (%)
Media	9,64	4,46	2,18	1,35	21,67
Mínimo	3,01	0,66	1,05	0,42	10,40
Máximo	22,22	8,91	4,79	2,63	48,20
Desvío estándar	3,81	1,74	0,52	0,52	5,27
CV %	39,55	39,02	23,87	38,68	24,33

d) INALE-SPLF-SPLR: fracción sólida

Considerando el total de las 16 muestras analizadas, surgen los siguientes indicadores:

Indicador	MS (%)	P (mg/g)	N (%)	K (%)	C. Org. (%)
Media	56,90	2,81	1,11	0,73	25,07
Mínimo	30,30	1,30	0,45	0,25	4,29
Máximo	82,10	5,66	2,30	2,05	57,80
Desvío estándar	13,65	1,31	0,52	0,44	14,70
CV %	23,99	46,47	46,41	61,02	58,61

Consideraciones finales y algunas recomendaciones

Si bien existe un número importante de trabajos relacionados a la temática de efluentes, alrededor del 80% de los mismos reconoce que la información nacional es insuficiente y que se requiere continuar con la investigación. Es tangible la necesidad de brindar a los profesionales y productores lecheros, recomendaciones técnicas y mensajes claros. En la última década se han generado más del 50% de los trabajos. En la actualidad se están desarrollando dos proyectos, ambos son “estudio de casos” y coinciden en la mayoría de los aspectos a evaluar.

Los trabajos realizados en su mayoría remiten a sistemas de gestión de efluentes que consideran un sistema de “tratamiento”, es decir que contemplan la acción microbiana con el fin de reducir la carga de nutrientes. Ha sido constatado que este tipo de tecnología es insuficiente para evitar la contaminación de las aguas, según los límites mínimos definidos en la normativa vigente. Si bien existen algunos conceptos que se mantienen, los cálculos para el dimensionamiento de los depósitos de almacenamiento sufrieron un cambio importante, así como la forma de evaluar el impacto agronómico-ambiental que produce la re-incorporación del material al sistema mediante su aplicación a terreno. En dichos trabajos se mantuvo claro desde el inicio que el reciclaje de nutrientes es lo fundamental para un correcto sistema de gestión y gran parte de la información nacional surge de los mismos. El hecho de que existieron programas y proyectos desde el ámbito institucional, actualmente se logra contar con la maquinaria y mayor número de técnicos capacitados, que permite mejorar la forma de utilización del efluente.

Los resultados analíticos sistematizados en el capítulo 4 evidencian el mayor contenido de MS y carbono orgánico en la fracción sólida respecto de la líquida. En términos de nutrientes, la fracción sólida resulta ser inferior en relación a su proporción, considerando siempre los parámetros analizados en base seca.

En lo que respecta a los resultados analíticos recabados (capítulo 4) y su comparación con la bibliografía nacional (capítulo 3), recabados en este documento, surgen las siguientes recomendaciones:

- Definir en el ámbito inter-institucional los parámetros a utilizar para el monitoreo ambiental de aguas y por otro lado aquellos que se pretendan utilizar para cuantificar el impacto agronómico (sistema suelo-planta). Para los de uso agronómico deberían ser expresados en base seca para facilitar la interpretación.
- En la definición de los parámetros a cuantificar, también se debería determinar el método analítico, la unidad de expresión del resultado, método de muestreo y conservación de la muestra. Una vez consensuado esto, sería importante transmitir a los laboratorios o bien especificar en la legislación estos aspectos.
- En la evaluación se debería considerar la información del tambo y su SGE. Entre otros, el tipo de separación de sólidos (en caso de existir), tiempo de acumulación del material previo a su aplicación, origen del material (tipo de pileta/laguna, existencia de patio de alimentación conectado al SGE y sus características), ingreso de pluviales y momento de aplicación.