

# PROYECTO CIRCULARIDAD DE NUTRIENTES EN PRODUCCIÓN DE LECHE EN URUGUAY

Sistemas de gestión de efluentes de tambo  
implementados por la academia y evaluados en un  
proyecto multi-institucional: estudio de casos

## INFORME DE AVANCE

-Junio 2020-

Ing. Agr. Marcela Rodriguez Cerchi

Ing. Agr. Florencia Benzano Naguila



## 1 Contenido

1. Introducción y marco conceptual .....	1
2. Objetivo del proyecto .....	2
3. Descripción del proyecto .....	2
4. Descripción de los sistemas de gestión de efluentes (SGE) .....	3
4.1 Inversiones asociadas .....	8
5. Metodología del proyecto .....	8
6. Resultados y discusión .....	11
6.1 Suelo .....	11
6.2 Planta.....	14
6.3 Efluente .....	15
6.4 Aspectos sanitarios .....	17
6.5 Balance de nutrientes (NPK) .....	17
6.6 Operativa y mantenimiento.....	18
7. Conclusiones.....	19
8. Comentarios finales .....	20
9. Anexos .....	20
9.1 Anexo 1 .....	20
9.2 Anexo 2.....	21
9.3 Anexo 3.....	26
10. Bibliografía.....	28

## Índice de figuras y gráficos

Figura 1. Esquema del funcionamiento del SGE de un tambo que aplica el paradigma de la Economía Circular. Objetivos del diseño.....	2
Figura 2. SGE en tambo de la Escuela Superior de Lechería, UTU-UTEC, Colonia Suiza.....	5
Figura 3. SGE en INIA La Estanzuela, Colonia. a) Desarenador con rampa.....	6
Figura 4. SGE en Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía, Paysandú.....	7
Figura 5. SGE en Campo Experimental N°2, Facultad de Veterinaria, Libertad.....	7
Figura 6. Tipos de entradas y salidas de macronutrientes, y tareas asociadas a su cuantificación.....	11

Gráfico 1. Tasa de crecimiento según tratamiento expresada en Kg de materia seca por hectárea por día.....	15
--	----

## Índice de tablas y cuadros

Tabla 1. Caracterización de los tambos experimentales y sus SGE.....	4
Tabla 2. Resultados de análisis de suelo 2019 de las chacras testigo (línea de base). Comparativo primer año 2019/2020 en EEMAC.....	12
Tabla 3. Resultados de análisis de suelo 2019 de las chacras testigo (línea de base) Comparativo primer año 2019/2020 en EEMAC.....	13
Tabla 4. Resultados analíticos de composición nutricional de planta.....	15
Tabla 5. Resultados analíticos de ambas fracciones de la matriz efluente.....	16
Tabla 6. Resultados del balance de nutrientes (N, P y K) en un año (marzo 2019 a febrero 2020) según cada institución.....	18
Tabla 7. Balance de nutrientes (N, P y K) expresado en Kg/ha efectiva/año de cada tambo...	18
Cuadro 1. Detalle de inversiones de cada SGET según componente y fuente de los fondos.....	8

Este informe aspira mostrar los resultados obtenidos hasta el momento en un proyecto de investigación multi-institucional y disciplinario cuyo objeto de estudio es la adecuada gestión de los efluentes del tambo y su impacto productivo, ambiental, social y económico.

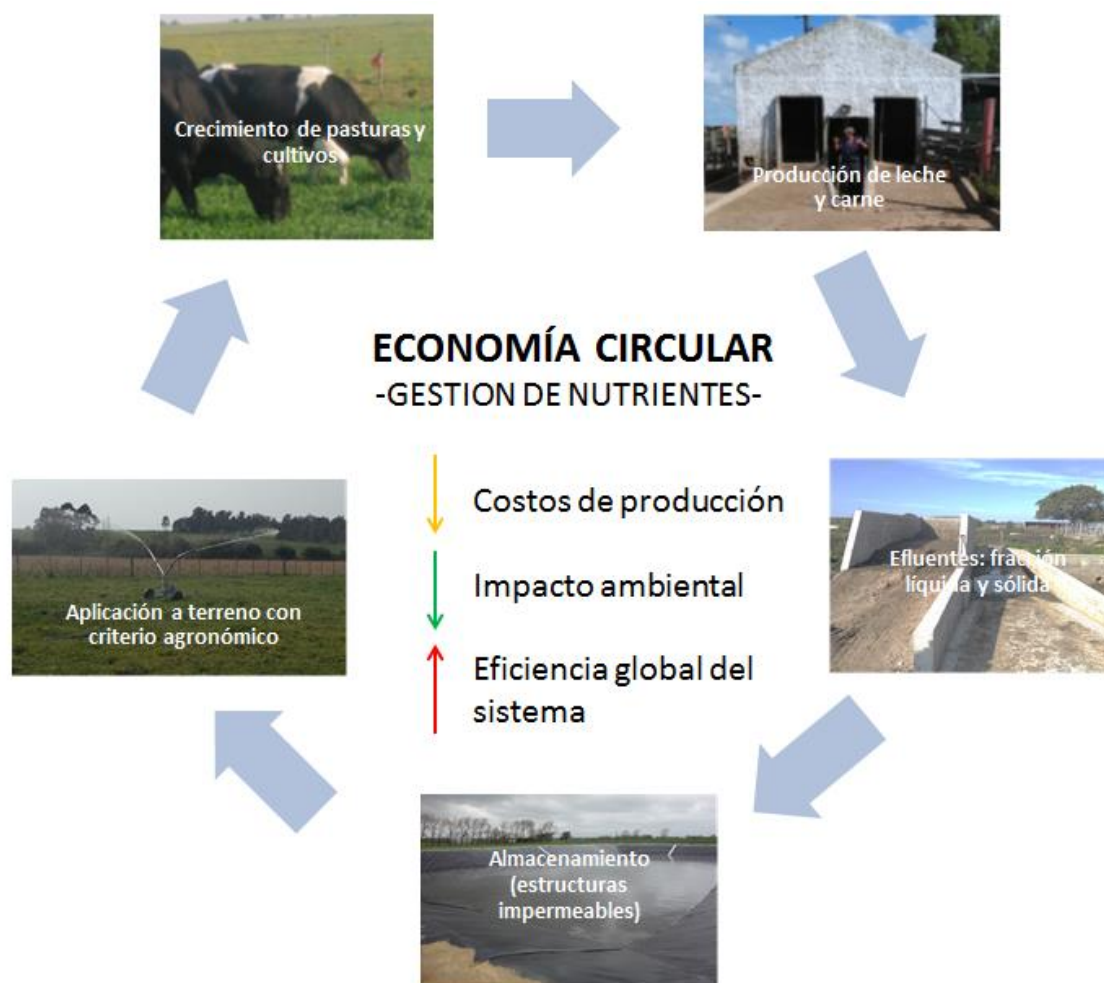
Se realiza una breve descripción de la temática, para posteriormente presentar los objetivos, describir brevemente los SGE implementados, las inversiones asociadas, y luego detallar lo relativo al proyecto de investigación en sí. Es decir, los objetivos, metodología de estudio implementada, resultados parciales obtenidos a la fecha y conclusiones preliminares alcanzadas.

## **1. Introducción y marco conceptual**

Desde un punto de vista eco-sistémico, los originalmente llamados “contaminantes” se transforman en recursos de valor que deben re-incorporarse al sistema productivo. Con el reciclaje de nutrientes se logran dos cometidos importantes: la re-utilización y por tanto la disminución de la necesidad de aporte desde fuentes externas al sistema (fertilizantes químicos), y la reducción del impacto ambiental negativo intrínseco de la actividad productiva. Este enfoque se alinea al paradigma de la economía circular donde, entre otras cosas, se valoriza y aprovecha todo lo que se genere en el proceso de producción, considerando que puedan ser re-utilizados por el mismo sistema o bien por un tercero. El tambo, con su área de influencia, debe ser sostenible en el tiempo de manera de conservar y eventualmente mejorar los recursos naturales involucrados en la actividad. En esta nueva forma de producir, los macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio (potenciales contaminantes), se transforman en “moneda” (ver

**Figura 1.** Figura 1) y deben ser cuantificados. Así se logra definir el grado de equilibrio (balance) existente en el sistema de producción, además de posibilitar la identificación de las potenciales fuentes de contaminación.

Figura 1. Esquema del funcionamiento del SGE de un tambo que aplica el paradigma de la Economía Circular. Objetivos del diseño.



## 2. Objetivo del proyecto

Este proyecto de investigación atiende la necesidad de obtener información nacional y objetiva sobre el impacto productivo, ambiental y económico que genera una gestión de efluentes del tambo, diseñada atendiendo el paradigma de la Economía Circular. Dicha información podrá utilizarse como insumo para la elaboración de normas nacionales, mejorar los sistemas productivos lecheros a nivel público y privado; y con fines educativos

## 3. Descripción del proyecto

El proyecto, promovido por el MGAP con el apoyo de Biovalor, convoca a diversos actores de referencia nacional:

- el MGAP y la DINAMA del MVOTMA quienes definen las políticas públicas y velan por una producción agropecuaria sostenible.
- el INALE, institución de referencia de la cadena láctea,
- las Facultades de Veterinaria (FVET) y Agronomía (FAGRO) de la UdelaR, y

- la CETP-UTU/UTEC, entidades donde se forman los recursos humanos que trabajarán en el sector,
- el INIA, instituto de investigación de referencia nacional como lo indica su nombre.

Se firmó un Convenio entre el proyecto Biovalor y las mencionadas instituciones, donde se establecen compromisos y apoyos de cada parte. Para dar comienzo al proyecto, fue necesario financiar con fondos de Biovalor el diseño de los nuevos SGE en UTU-UTEC y UdelaR, y co-financiar componentes de los SGE en cada uno de los cuatro tambos involucrados. Si bien el acuerdo se terminó de firmar en julio 2019, las visitas a campo, la realización de los diseños de los nuevos SGE y los procedimientos de compra de los equipamientos necesarios para la implementación del proyecto se iniciaron con anterioridad. Las compras realizadas con fondos de Biovalor, no reembolsables procedentes del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), comenzaron a realizarse a inicios del 2018. El trabajo de campo comenzó de manera gradual a partir de marzo del 2019 en algunos tambos y continuará hasta completar los 3 años de investigación.

#### **4. Descripción de los sistemas de gestión de efluentes (SGE)**

Los SGE evaluados, fueron diseñados e implementados con el objetivo de maximizar el reciclaje de nutrientes y ser sostenibles en términos ambientales, sociales y económicos. En la Tabla 1 se señalan las principales características de cada tambo y de su SGE.

La elaboración de los proyectos técnicos y ejecutivos asociados a las obras fueron realizados por:

- Tambo Sustentable (Conaprole) para el caso de INIA Estanduela y Facultad de Veterinaria
- Empresa GEA para el caso de EEMAC
- Marcela Rodríguez Ing. Agr. de Proyecto Biovalor para los casos de UTU-UTEC y Centro Regional Sur (CRS) (UdelaR)

Los 5 diseños respetan los criterios agronómicos y ambientales establecidos:

- desvían del SGE las aguas limpias de pluviales
- capturan el efluente generado
- separan la fracción mineral y posteriormente la orgánica de la líquida
- prevén la aplicación a terreno de las fracciones líquida y sólida del efluente en forma controlada, atendiendo las condiciones edafo-climáticas y requerimientos del cultivo.

Tabla 1. Caracterización de los tambos experimentales y sus SGE.

Tambo	Escuela Superior de Lechería Colonia Suiza	INIA La Estanzuela	Campo Experimental nº 2	Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni	Centro Regional Sur
Propiedad de	CETP - UTU	INIA Uruguay	Facultad de Veterinaria - UdelAR	Facultad de Agronomía - UdelAR	
Depto.	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 (cama caliente)	Pastoril a cielo abierto
Máximo de vacas en ordeño	110	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, pero está previsto	Sí	-	No, pero está previsto incluirlo
Sistema de limpieza PA	-	Lavado por inundación	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 + PA		Sala de ordeño + Corral de espera	Sala de ordeño + Corral de espera + PA
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 estimados	50 estimados
Desarenador (trampa de arena)	1	1	1	1	1 que incluye sólidos orgánicos
Sistema de separación de sólidos orgánicos	Decantador pasivo	Extrusora tipo tornillo	Extrusora tipo tornillo	Extrusora tipo pantalla	-
Laguna acopio impermeable	3 (pre-existent)	1	1	1	2 (pre-existent)
Equipo de aplicación a campo de efluente líquido	Cañón móvil autopropulsado				Cañón móvil autopropulsado (a adquirir)
Grado de avance del SGE diseñado	Operativos			Próximo a estar completamente operativo	Resta ejecución de obra civil e instalación hidráulica

Los SGE que se encuentran operativos son los tambos de UTU-UTEC (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.), del INIA La Estanzuela (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) y de la EEMAC (ver Figura 4).

El SGE en Facultad de Veterinaria (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) se encuentra funcionando en forma incompleta ya que aún se están realizando obras necesarias para la instalación de la red de distribución a terreno del efluente líquido por aspersión, y para la re-utilización del efluente que destinará al lavado del corral de espera y el patio de alimentación.

Es importante mencionar que esta caracterización si bien incluye el tambo del (CRS) propiedad de Facultad de Agronomía de la UdelaR, donde resta concretar algunas mejoras del nuevo SGE, su participación en el proyecto es parcial, sólo aporta información documentada (registros), pero no así resultados analíticos, debido a que entre otras cosas, no está operativo el sistema de aplicación de efluentes a campo.

La dinámica particular de cada Institución y los distintos diseños de los SGE generan diferencias en la asignación de tareas y tiempos a los recursos humanos involucrados en la operativa y mantenimiento de los mismos.

A continuación se presentan imágenes de los SGE de las instituciones que aportarán la información resultante de la implementación de sus sistemas.

**Figura 2. SGE en tambo de la Escuela Superior de Lechería, UTU-UTEC, Colonia Suiza: a) Desarenador o trampa de arena con rampa para limpieza mediante tractor con pala, b) Separador de sólidos pasivo y bunker de acopio de sólidos, ambos con acceso rampa, c) Sistema de bombeo en 3er pileta de acumulación pre-existente, d) Aplicación a terreno con irrigador autopropulsado (cañón móvil).**

a)



b)



c)



d)





Figura 3. SGE en INIA La Estanzuela, Colonia. a) Desarenador con rampa. b) Pozo de bombeo con revolvedor mecánico y bomba estercolera. c) Separador de sólidos mecánico (extrusora). d) Pileta de acumulación nueva impermeabilizada. f) Aplicación a terreno con irrigador autopropulsado (cañón móvil).

a)



b)



c)



d)



e)



Figura 4. SGE en Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía, Paysandú. a) Desarenador con acceso rampa, b) Pozo de bombeo con revolvedor mecánico y bomba estercolera, c) Separador de sólidos mecánico (pantalla tamiz) y d) Irrigador autopropulsado (cañón móvil)

a)



b)



c)



d)



Figura 5. SGE en Campo Experimental N°2, Facultad de Veterinaria, Libertad. a) Pozo de bombeo con revolvedor mecánico y bomba estercolera, b) Separador de sólidos mecánico (extrusora), c) Pileta de almacenamiento impermeabilizada.

a)



b)



c) Pileta de almacenamiento impermeabilizada





#### 4.1 Inversiones asociadas

Las inversiones requeridas para la adecuación de los sistemas de gestión de efluentes variaron entre instituciones, dependiendo de la infraestructura existente y el número máximo de vacas en ordeño de cada tambo.

En el cuadro 1 se detallan para cada Institución los montos de las inversiones asociadas a los componentes del SGET, discriminando el origen de fondos.

**Cuadro 1. Detalle de inversiones de cada SGET según componente y fuente de los fondos**

INVERSIONES	UTU-UTEC		INIA LE		Fvet- Camp. Exp. N°2		Fagro- EEMAC		Fagro- CRS	
	Institución	Biovalor	Institución	Biovalor	Institución	Biovalor	Institución	Biovalor	Institución	Biovalor
Desvío de pluviales y eventual acumulación	11.574*									
Recolección y conducción total de efluentes			24.048		16.551		29.273			
Estructuras de separación (desarenador, separador)	20.656			30.913	38.704			29.402		17.833
Estructuras de acopio (estiercol)			7.941		9.101					
Pileta/laguna de almacenamiento			8.668	9.684	IMSJ**	10.623				
Sistema de distribución (bombeo, conducción, irrigador)		26.131	2.813	18.157		21.155		33.269		
<b>Sub-totales (U\$S)</b>	<b>32.230</b>	<b>26.131</b>	<b>43.470</b>	<b>58.754</b>	<b>64.356</b>	<b>31.778</b>	<b>29.273</b>	<b>62.671</b>		<b>17.833</b>
<b>TOTAL (U\$S)</b>	<b>58.361</b>		<b>102.224</b>		<b>96.134</b>		<b>91.944</b>		<b>17.833</b>	
N°Vacas en ordeño máximo	110		95		185		130			
<b>U\$S/ Vaca en ordeño</b>	<b>444</b>		<b>1076</b>		<b>520</b>		<b>707</b>			

\*Incluye tanque australiano de 40m³ de capacidad útil.

\*\*donación

Tal como se observa, el rango de inversión es amplio. El monto por vaca en ordeño, disminuye en la medida que el número máximo de vacas en ordeño aumenta, pero es importante recalcar que en el caso de la UTU-UTEC, ello se ve favorecido también por una menor inversión requerida, dado que es el único tambo con sistema de separación de sólidos pasiva.

#### 5. Metodología del proyecto

Debido a que se evalúan 4 sistemas de producción diferentes, tanto en términos de sus recursos naturales, como de infraestructura y humanos, este trabajo se considera un “estudio de casos” y los resultados finales carecen de validez estadística.

Se evalúan aspectos agronómicos, ambientales, sanitarios, operativos y económicos de los nuevos SGE implementados.

Los efluentes se aplican en las chacras seleccionadas siguiendo criterios agronómicos, pudiendo o no, según el caso, existir fertilización mineral complementaria.

Se definieron 3 matrices de estudio: suelo, planta y efluente (fracción líquida y sólida por separado). Los parámetros a analizar en cada matriz se definieron en consenso entre los diferentes actores involucrados.

Para evaluar el impacto del uso agronómico se realizará el seguimiento en suelo y planta en aquellas chacras tratadas con efluente (fracción líquida y sólida). En suelos se consideran 3 estratos: 0 - 2,5cm, 2,5 - 7,5cm y 7,5 - 15cm. Se tomaron muestras al inicio del ensayo (línea de base), luego se tomarán muestras anuales, preferentemente en otoño, en las chacras testigo y tratadas con ambas fracciones de efluente.

Los muestreos de plantas se realizan previo a cada pastoreo determinando el contenido de materia seca (muestra compuesta) y los parámetros sanitarios mediante el lavado de la pastura. Una vez llegado alcanzadas “n” muestras correspondientes a una estación del año, se analiza composición de ese “pool” de muestras. En los casos donde el tratamiento se realice sobre un cultivo, se analiza una sola muestra compuesta en post-cosecha.

Las fracciones de efluentes resultantes de los SGE implementados se analizan una vez por estación del año, a partir de un “pool” de muestras, obtenidas previo a cada aplicación. Las muestras obtenidas en cada oportunidad previo a la aplicación, es analizada para determinar los parámetros sanitarios tal como se detallará posteriormente. Hasta el momento, los tambos de la EMAC y UTU-UTEC ya tienen algunos resultados.

En lo que respecta a la evaluación del impacto en términos sanitarios, los parámetros analizados fueron parásitos gastrointestinales pulmonares y microorganismos indicadores. Estos últimos se definen como aquellos que comparten características de crecimiento (pH, temperatura, formación de esporas) con la mayoría de los agentes patógenos. Se cuantificó coliformes totales y fecales, siendo estos últimos los que en términos epidemiológicos indican en mejor forma el nivel de riesgo sanitario. Los métodos de determinación fueron el de flotación y sedimentación para los parásitos y el de membrana filtrante para coliformes. La evaluación implica analizar ambas fracciones del efluente, previo o durante la aplicación a terreno; y de la pastura previo al pastoreo. Para el caso de la fracción líquida se trata de una sola muestra, mientras que la fracción sólida se compone de 4 sub-muestras obtenidas de diferentes sitios de la pila de estiércol: arriba, medio y abajo, más una cuarta sub-muestra donde se mezcla una porción de las anteriores.

En el 9.1 Anexo se presenta el número de chacras alcanzadas por el proyecto según institución y sus tipos de suelos predominantes. En el Anexo 3 se muestra la ubicación de esas chacras respecto a la sala de ordeño y los componentes del SGE de cada institución.

Los parámetros a analizar en cada matriz así como la frecuencia y metodología de muestreo se detallan en el 9.2 Anexo. Esto se encuentra disponible en cada tambo en una ficha técnica elaborada durante el inicio de la implementación del proyecto.

El impacto a nivel ambiental será determinado mediante la realización de balances de macronutrientes, que además aportarán información de utilidad en términos productivos. Está

previsto que el INIA y la EEMAC sean quienes avancen en la determinación o medición de pérdidas de nutrientes a nivel de parcelas, con el objetivo de determinar eficiencias de uso de nutrientes y también posibles impactos ambientales.

El impacto económico será cuantificado mediante la estimación de los recursos necesarios para el mantenimiento, uso y correcto funcionamiento de los SGE, en relación al beneficio obtenido por su implementación en términos de suelos, producción vegetal y ambiente. Las inversiones necesarias para la implementar los nuevos SGE también son consideradas. Dicho beneficio debiera considerar también el bienestar animal, calidad de leche debido a una disminución de patógenos en el sitio de ordeño y áreas circundantes, y el bienestar de las personas involucradas en el proceso de ordeño, su calidad de vida y de trabajo (disminución de olores, moscas, mejora del paisaje, etc.) Estos aspectos escapan al alcance de este proyecto pero es de destacar que su cuantificación incide en el impacto económico, sanitario y social de cada tambo.

Respecto al balance de nutrientes realizado en cada sistema con el fin de evaluar la eficiencia de su uso, se considera al sistema “tambo” como el espacio donde, más allá de los procesos que sucedan internamente, entran y salen nutrientes.

Registrando mensualmente la información de las “entradas” y “salidas” del sistema tambo definido en su área de influencia, se logra un acercamiento en lo que respecta al balance de los macronutrientes que intervienen en los procesos productivos: Nitrógeno, Fósforo y Potasio. Se aplica la metodología de “farm gate budget” propuesta por Oborn *et al.* (2003) a nivel predial, validada para las condiciones de predios lecheros de Uruguay por La Manna *et al.* (2008).

Este enfoque permite conocer el flujo de nutrientes dentro del sistema productivo e identificar prácticas de manejo con el fin de mejorar la eficiencia en términos del uso de estos nutrientes. La figura N°6 lista las entradas y salidas del sistema de producción así como las tareas asociadas a la cuantificación de tales variables. Cada componente se le asigna un factor de conversión que permite cuantificar la cantidad de cada macronutriente. Luego, se calcula el balance mediante la diferencia entre lo que “entra” y lo que “sale” del sistema, considerando solamente la variación del stock animal en ese período, no así la variación del stock de nutrientes en los suelos del predio, ni la variaciones de stock en residuos y alimentos que permanecen dentro del predio.

**Figura 6. Tipos de entradas y salidas de macronutrientes, y tareas asociadas a su cuantificación.**

Entradas	Tarea	Salidas	Tarea
E1: Fertilizantes	R y B	S1: Leche	R y B
E2: Concentrados (raciones, sales minerales, otros)		S2: Animales	R y B
E3: Reservas (fardos, silo, granos, entre otros)		S3: Reservas	R y B
E4: Animales		S4: Pérdidas del sistema de producción: lixiviación, escurrimiento, volatilización, erosión)	Cierre del balance
E5: Materiales para cama de ganado			
E6: Fijación biológica de N			
E7: Deposición atmosférica			

(R ): Registro de cantidades/volúmenes, composición ;( B )Revisión bibliográfica propia o de terceros de referencia para determinar composición,(M y A): Muestreo y análisis; (C): Cálculos

## 6. Resultados y discusión

Se muestran los resultados preliminares obtenidos hasta el momento, luego de año y medio de iniciadas las tareas de investigación y se señalan valores de referencia nacional con el fin de comparar y analizar los datos.

### 6.1 Suelo

Durante el 2019, mayormente en otoño, se realizó el muestreo inicial estratificado de los primeros 15cm de suelo (0-2.5cm, 2.5-7.5cm y 7.5-15cm de profundidad) con el fin de conocer la línea de base, midiendo los principales nutrientes y propiedades fisicoquímicas. En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos hasta el momento. Como puede observarse en la tabla, solo en la EEMAC existen resultados de este año 2020. En una primera instancia no se observan variaciones significativas en los parámetros analizados entre el primer año (2019-línea de base) y el segundo (2020). Cabe señalar que entre el primer y segundo muestreo se realizaron 4 aplicaciones.

Tabla 2. Resultados de análisis de suelo 2019 de las chacras testigo (línea de base). Comparativo primer año 2019/2020 en EEMAC.

Suelo con efluente		UTU-UTEC						FAGRO-EEMAC						FVET-Camp. Exp. N°2			INIA LE					
		2019-T1-FL			2019-T2 FL			2019-T1- FL			2020-FL 1			2019-T1-FL			2019-T1-FL			2019-T2-FL		
Parámetro	Unidad	0-2,5cm	2,5-7,5cm	7,5-15cm	0-2,5cm	2,5-7,5cm	7,5-15cm	0-2,5cm	2,5-7,5cm	7,5-15cm	0-2,5cm	2,5-7,5cm	7,5-15cm	0-2,5cm	2,5-7,5cm	7,5-15cm	0-2,5cm	2,5-7,5cm	7,5-15cm	0-2,5cm	2,5-7,5cm	7,5-15cm
NITROGENO TOTAL	(% N total)	0,37	0,21	0,15	0,38	0,21	0,16	0,28	0,22	0,24	0,57	0,22	0,18	0,24	0,2	0,14	0,23	0,18	0,16	0,23	0,2	0,18
FOSFORO TOTAL	(ppm P)	475	308	285	520	307	212	504	281	325	458	354	291	982	273	204	291	417	342	722	488	481
CONDUCTIVIDAD	(uS/cm.)	101	64	58	160	66	53	165	103	108	314	147	118				122	56	47	160	251	101
FOSFORO BRAY I (OUA)	(ppm P)	39	8	5	39	10	4	44	8	12	39	11	5	54	22	8	48	16	8	36	16	8
POTASIO INTERCAMBIABLE (OUA)	(meq.K/100g)	0,72	0,47	0,48	0,95	0,47	0,43	1	0,37	0,51	0,86	0,61	0,49	0,54	0,37	0,36	0,83	0,42	0,41	0,72	0,48	0,4
pH (AGUA)	(--)	5,3	5,3	5,5	5,3	5,3	5,4	5,8	5,9	5,6	5,8	5,6	5,7	5,2	5,1	5,3	5,6	5,5	5,4	5,5	5,1	5,1
MATERIA ORGANICA	(%)	5,5	2,7	2,7	5,7	2,9	2,6	5,9	4,1	4,3	4,8	3,1	2,9	4,3	3,3	2,3	5	3,4	3,6	4,9	3,7	2,9
CALCIO	(meq.Ca/100g)	13	13	13,8	10,5	12	11,1							11,2	10,1	11,1	16,3	12,7	14,9	15,6	13,3	13,5
MAGNESIO	(meq.Mg/100g)	6,3	4,8	5,6	5,8	3,9	4,9							4,8	6,5	7,5	4,3	6,3	3,9	4,5	5,8	4
SODIO INTERCAMBIABLE	(meq.Na/100g)	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,3	0,6	0,5	0,6	0,4	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,4
ACIDEZ TITULABLE	(meq/100g)	5	4,1	3,1	3,9	3,9	3							5,1	4	3,4	4,7	3,9	4,5	4,6	6,6	3
C.I.C.	(meq/100g)	25,3	22,8	23,4	21,6	20,7	19,9	31,2	30	26,1	24,2	22	23,2	22	21,6	23,1	26,8	24	24,4	26,1	26,7	21,3
BASES TOTALES	(meq/100g)	20,3	18,7	20,3	17,7	16,8	16,9							16,9	17,6	19,7	22,1	20,1	19,9	21,5	20,1	18,3
SATURACION DE BASES	(%)	80	82	87	82	81	85	86	90	86	87	88	90	77	81	85	83	84	82	82	75	86
AZUFRE	(ppm S-SO <sub>4</sub> )	15	14	14	19	12	16							11	11	11	15	13	11	16	17	15
ZINC (MEHLICH 1)	(ppm Zn)	2,1	1,2	1,4	3,3	0,9	0,8							1,3	0,6	0,4	1,6	0,8	0,7	1,1	1,3	0,5
BORO	(ppm B)	1,6	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3							0,7	0,6	0,7	1	0,6	0,9	0,9	1,1	1,5

\*T1-FL: chacra testigo 1 de fracción líquida; T2-FL: chacra testigo 2 de fracción líquida; FL: chacra tratada 1 con fracción líquida

Los resultados de los análisis de suelos realizados, muestran que las chacras alcanzadas por el proyecto presentan valores dentro de los rangos adecuados para los suelos de nuestro país.

Las relaciones de cada base (Ca, Mg, K y Na) respecto a las bases totales (BT) y a la capacidad de intercambio catiónico (CIC) se encuentran de los rangos comunes de nuestros suelos (del Pino, A., publicación web). En lo que refiere al contenido de Fósforo Bray I, se observa la estratificación encontrada por Perdomo en suelos de sistemas lecheros (García Préchac, 2019), donde es notorio el mayor contenido de este nutriente en los primeros 2.5 cm del perfil que en los restantes 12.5cm.

Respecto al Potasio intercambiable los valores registrados en los perfiles analizados superan ampliamente los niveles críticos definidos para los suelos presentes, medios a pesados (Perdomo C., 2015). Por otro lado, tampoco se podría afirmar la eventual ausencia de respuesta vegetal, en caso de realizar aportes de potasio mediante la aplicación de efluente o fertilización mineral.

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en los suelos de las parcelas seleccionadas para aplicar la fracción sólida del efluente, correspondiente a la línea de base. Al igual que con la fracción líquida, en el caso de la EEMAC también se señalan los valores 2020 post-aplicación.

**Tabla 3. Resultados de análisis de suelo 2019 de las chacras testigo (línea de base). Comparativo primer año 2019/2020 en EEMAC**

Suelo con estiercol		FAGRO-EEMAC						FVET-Camp. Exp. N°2			INIA LE		
		2019-T-FS			2020-FS			2019-T-FS			2019-T-FS		
Parámetro	Unidad	0-2,5cm	2,5-7,5cm	7,5-15cm	0-2,5cm	2,5-7,5cm	7,5-15cm	0-2,5cm	2,5-7,5cm	7,5-15cm	0-2,5cm	2,5-7,5cm	7,5-15cm
NITROGENO TOTAL	(% N total)	0,27	0,25	0,22	1,11	0,73	0,2	0,17	0,19	0,13	0,33	0,24	0,16
FOSFORO TOTAL	(ppm P)	815	731	466	4565	2543	572	462	472	338	619	386	378
CONDUCTIVIDAD	(uS/cm.)	195	187	171	195	677	431				99	70	179
FOSFORO BRAY I (OUA)	(ppm P)	133	91	27	730	526	63	37	26	9	44	19	13
POTASIO INTERCAMBIABLE (OUA)	(meq.K/100g)	1,6	1,08	0,59	4	3,5	1,8	0,3	0,22	0,2	0,77	0,43	0,48
pH (AGUA)	(--)	6,2	6,2	6,6	6,6	6,7	6,6	4,9	4,6	4,9	5,3	5,3	5,2
MATERIA ORGANICA	(%)	5,5	5,2	4,3	6,6	6,3	4,5	3,4	2,8	2	5,6	3,4	2,6
CALCIO	(meq.Ca/100g)							7,1	6,3	5,5	14	15,3	14,1
MAGNESIO	(meq.Mg/100g)							2,6	2,4	3,5	3,5	4,7	5,6
SODIO INTERCAMBIABLE	(meq.Na/100g)	0,5	0,6	0,6	1,5	1,7	1	0,4	0,4	0,6	0,3	0,5	0,5
ACIDEZ TITULABLE	(meq/100 g)							5,1	5,1	4	4,1	3,9	4
C.I.C.	(meq/100 g)	32,4	29,8	29,8	49,7	42,4	37,9	15,5	14,4	13,8	22,7	24,8	24,7
BASES TOTALES	(meq/100 g)							10,4	9,3	9,8	18,6	20,9	20,7
SATURACION DE BASES	(%)	91	91	93	94	93	94	67	65	71	82	84	84
AZUFRE	(ppm S-SO4)							10	10	11	10	11	14
ZINC (MEHLICH 1)	(ppm Zn)	0,5	0,4	0,7	3	1	0,7	1,8	0,8	1,1	1,4	0,6	0,4
BORO	(ppm B)							0,6	0,6	0,7	0,9	0,9	0,7

\*T-FS: chacra testigo de fracción sólida; FS: chacra tratada con fracción sólida.



En el caso de la EEMAC, donde se trató la chacra con sólo una aplicación de la fracción sólida durante el barbecho previo a la siembra de maíz, se constata el impacto de la aplicación en la calidad del suelo, reflejándose en un aumento considerable en el nivel de nutrientes y mejoras en las propiedades físico-químicas.

Los niveles de Fósforo y Potasio iniciales ya eran elevados previo aplicación del sólido del efluente. Los niveles de P Bray I y Potasio intercambiable superaban los niveles críticos definidos por Perdomo para diferentes cultivos y para suelos medios a pesados, respectivamente (Perdomo, publicación web "a"). La aplicación del sólido elevó los niveles aún más. El aumento registrado resultó de gran magnitud en los niveles de nutrientes y de materia orgánica y también en las propiedades físicoquímicas como conductividad, pH, CIC y en forma muy leve en saturación de bases. El mayor impacto se registra en el primer estrato, seguido por el segundo, mientras que en el tercero, si bien existió impacto la magnitud fue marcadamente menor que en los primeros 7.5 cm del perfil.

Los valores de fósforo soluble (Bray I) resultantes son muy altos. Atendiendo el mecanismo de contaminación de fuentes de agua por escurrimiento del P soluble, los resultados obtenidos, refuerzan la recomendación planteada por Perdomo et al. 2015, relativa a incorporar el fertilizante fosfatado al suelo, en éste caso fracción sólida del efluente para así disminuir la estratificación de P en las primeras capas del suelo, y así desfavorecer la llegada de P soluble por escurrimiento a las fuentes agua.

Se debe cuantificar las dosis aplicadas de cada fracción del efluente y estimar la extracción por parte de la pastura/cultivo, considerando los valores de línea base, para que los valores no resulten extremadamente altos. Por otro lado, para no favorecer la estratificación del suelo y la posible pérdida de P soluble, escurrimiento mediante, debiera de evaluarse la posibilidad de incorporar el sólido al suelo.

## **6.2 Planta**

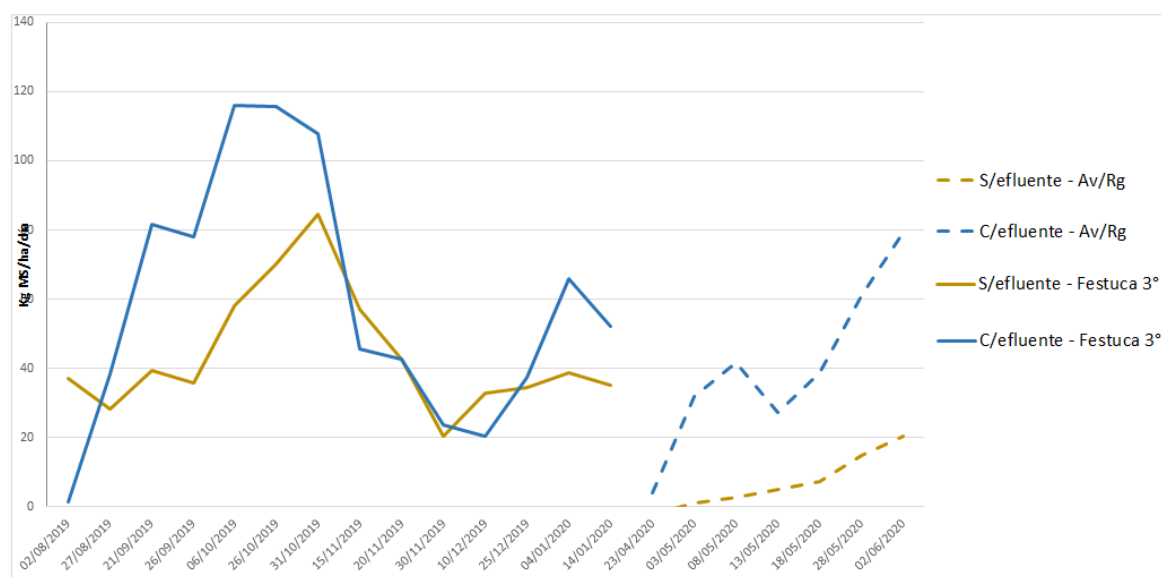
Mediante la cuantificación de la producción de materia seca a nivel de chacras, considerando su composición, se intenta analizar el impacto en la planta al recibir efluente.

Para el caso de EEMAC, donde se realizó un seguimiento más exhaustivo respecto al impacto de la aplicación en la producción, se obtuvieron los siguientes resultados:

a) la aplicación de la fracción sólida en la chacra de maíz permitió obtener un 40% más de rendimiento en grano que la chacra testigo, con 5.580 y 3.360KgMS/ha, respectivamente. Ninguna chacra recibió fertilización química.

b) la aplicación de fracción líquida tuvo un impacto positivo significativo en la tasa de crecimiento de las pasturas (ver gráfico N°1), tanto en praderas permanentes (festuca con trébol blanco 3er año en 2019) como en verdeos (raigrás y avena en 2020). Por otro lado, se midió la producción mediante un corte en jaula en la misma chacra de verdeos, obteniendo 802 y 210Kg MS/ha en área aplicada con efluente y testigo sin tratar, respectivamente.

Gráfico N°1. Tasa de crecimiento según tratamiento expresada en Kg de materia seca por hectárea por día.



Los resultados de composición de planta se muestran en la Tabla 4. Como ya se comentó, cada resultado corresponde al análisis de una muestra compuesta (pool) de “n” cantidad de sub-muestras, por estación del año. El primer año del proyecto en la EEMAC, muestra que la aplicación de las fracciones resultantes del SGE en las chacras de pasturas y cultivos, tiene un leve impacto positivo en la composición de plantas, con mayor relevancia en el maíz (chacra tratada con fracción sólida) que en las pasturas (tratadas con fracción líquida). En UTU-UTEC las diferencias no son claras, dado que en una chacra el impacto presume ser positivo y en la otra negativo. El nutriente que reiteradamente aumenta, con excepción de la pastura en la EEMAC es el Hierro.

Tabla 4. Resultados analíticos de composición nutricional de planta.

Planta	Tambo	UTU-UTEC				FAGRO-EEMAC			
	Especies	Alfalfa + dactylis (2do año)		Alfalfa (3er año), Raigras (oto 20)		MAIZ Verano 2019-20		Festuca 3er año- verano 2019-20	
	Fracción	Líquida				Sólida		Líquida	
		Test.	Trat.	Test.	Trat.	Test.	Trat.	Test.	Trat.
Parámetro	Unidad	Chacra 17		Chacra 23				Chacra 23	
MS cosechada	%	27,4	28	26,5	26,4	35,8	26,6	65	15
NITROGENO TOTAL	% BS	3,8	3,6	3,6	3,3	0,6	1,1	1,9	2,2
FOSFORO (oua)	% BS	0,27	0,3	0,23	0,25	0,24	0,24	0,25	0,31
POTASIO	% BS	2,07	1,97	1,92	2,07			2,14	1,7
AZUFRE	% BS	0,07	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,07	0,02
CALCIO	% BS	1,4	1,4	1,8	1,5	0,4	0,4	0,7	0,8
MAGNESIO	% BS	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5
BORO	ppm BS	40,0	50	60	50	9	8	3	12
COBRE	ppm BS	13	13	12	11	4	6	7	8
HIERRO (oua)	ppm BS	120	150	90	100	122	145	140	129
MANGANESO (oua)	ppm BS	71	72	45	41	0,3	0,3	80	60
MOLIBDENO	ppm BS	<5	<5	<5	<5			1	2
ZINC (oua)	ppm BS	32	28	22	22	11	12	13	37

### 6.3 Efluente

Al igual que en la matriz planta, se analizaron muestras (pool) por estación del año, conformadas por “n” sub-muestras recolectadas previo a la aplicación a terreno del efluente. Los resultados obtenidos corresponden a la composición y propiedades fisicoquímicas del efluente hasta ahora aplicado.

En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos hasta el momento y los valores de referencia nacional según la investigación y la academia. INIA LE y Facultad de Veterinaria aún no han enviado resultados. Cabe señalar que en FVET no se han generado aun resultados de fracción líquida por no estar operativo el nuevo SGE.

**Tabla 5. Resultados analíticos de ambas fracciones de la matriz efluente.**

	Efluente		UTU-UTEC	FAGRO-EEMAC		Referencia nacional
Fracción líquida	Parámetro	Unidad	ver. 2020	prim. 2019	ver. 2020	INIA-FPTA N°138, 2008
	FOSFORO TOTAL	(mg P/l)	24	33.0	24.0	70-150
	FOSFATO	(mg PO4/l)	61,3	58.3	58.0	50-70*
	NITROGENO TOTAL	(mg/l)	44	121	110	550-900
	CARBONO ORGANICO	(%)	0,0087	0,044	0,035	0,0074**
	SOLIDOS TOTALES	(%)	0,158	0,15	0,13	1,13
Fracción sólida	Parámetro	Unidad	ver. 2020	prim. 2019	ver. 2020	UdelaR, Del Pino, 2019
	FOSFORO TOTAL	% P2O5	0,22	-	0,046	0,19
	NITROGENO TOTAL	%	0,43	-	0,71	1,14
	POTASIO	%K2O	0,09	-	0,14	0,25
	SOLIDOS TOTALES	%	30,9	-	28,6	20
	MATERIA ORGÁNICA	%	16	-	19,4	14,3***
	pH	-	4,68	-	8,26	7,4

\*Alberto Hernández: comunicación personal (efluente bruto), 2020

\*\*Separación pasiva/lag. anaerobia/lag. facultativa/lag. maduración

\*\*\*Alberto Hernández: comunicación personal (separación mecánica), 2020

Es importante aclarar que la información generada es insuficiente para generar conclusiones respecto a las diferencias que existen entre los distintos SGE, pero está previsto que las instituciones que lideran y ejecutan este proyecto la generen en el transcurso de los 3 años convenidos. Esto permitirá relacionar e integrar las variables que nos ayuden a determinar la conveniencia de uno u otro sistema, según sus condiciones particulares.

Los resultados hasta ahora obtenidos en la caracterización de la fracción líquida del efluente resultan en términos generales menores a los citados en la bibliografía nacional, solo el carbono orgánico resulta mayor. En la fracción sólida, el fósforo total y pH varían entre muestras y en su relación con los datos publicados por Del Pino, 2019, mientras que el Nitrógeno y Potasio total, resultan mayores a los registrados en la bibliografía y los sólidos totales y materia orgánica menores.

Considerando que este trabajo intenta cuantificar el impacto del uso agronómico del efluente, lo recomendable sería caracterizar a cada fracción determinando en base seca los porcentajes de materia seca, nitrógeno y potasio, y contenido de fósforo expresado en mg/g. La determinación de los parámetros debe ser coherente con lo que se pretende evaluar. En el caso de analizar un posible impacto ambiental causado por el escurrimiento o lixiviación del material en aguas superficiales o sub-superficiales, respectivamente, se

deberían utilizar los parámetros establecidos en la normativa vigente (DINAMA). Estos comprenden el contenido de demanda biológica de oxígeno (DBO), pH, sólidos totales, sólidos sedimentables, fósforo total, nitrato, nitrógeno total Kjeldhal y aceites y grasas.

#### **6.4 Aspectos sanitarios**

Uno de los objetivos del proyecto es lograr evaluar el riesgo sanitario en cada situación y, de esta forma, generar información nacional en términos de la cuantificación de patógenos en ambas fracciones del efluente (líquida y sólida). Hasta ahora se dispone de resultados de los SGE correspondientes a la UTU-UTEC y EEMAC.

Los resultados indican ausencia (negativo) de parásitos gastrointestinales pulmonares en todas las muestras analizadas tanto en la fracción líquida como de la sólida (6 en EEMAC y 4 en UTU-UTEC), lo que coincide con lo reportado por la academia (Del Pino *et al.*, 2019).

En cuanto a los microorganismos indicadores de la fracción líquida:

- en UTU-UTEC se cuantificaron (invierno 2019) 120.000UFC/100ml y 78.000UFC/100ml de coliformes totales y fecales, respectivamente.
- en EEMAC (primavera 2019) se cuantificaron 162.000UFC/100ml y 98.000UFC/100ml de coliformes totales y fecales, respectivamente.

Respecto a la fracción sólida en todos los casos se cuantificaron más de 500.000UFC/100g de coliformes fecales.

Desde el punto de vista epidemiológico, el escaso número de muestras impide obtener conclusiones que aseguren o no la viabilidad de poder mantener aplicaciones a terreno del efluente sin riesgos en términos sanitarios. La normativa vigente señala un máximo de 5.000 UFC/100ml pero refiere a efluente para vertido a cursos de agua. Este no sería el caso. Por otro lado, estudios de INIA-FPTA y Facultad de Agronomía indican valores de entre 2.000-130.000UFC/100ml en fracción líquida y 100.000-1.400.000 UFC/100ml para la fracción sólida, pero resta aún correlacionarlo con el pastoreo de las chacras donde se aplican tales fracciones.

Esto hace evidente la necesidad de continuar desarrollando investigación en este tema, contemplando las características del sistema de producción, su SGE en términos de sus componentes, funcionamiento y estabilidad, así como sus implicancias prácticas. Está previsto que la información faltante y necesaria sea generada en los 3 años investigación acordados en este proyecto.

Como ya se mencionó anteriormente, es de suponer que el mantenimiento de un correcto SGE que contemple la aplicación a terreno, respetando los criterios agronómicos y ambientales establecidos, implicaría no solamente disminuir el riesgo de transmisión de enfermedades sino también mejoraría las condiciones del ambiente circundante del tambo.

#### **6.5 Balance de nutrientes (NPK)**

Atendiendo la metodología descrita en el ítem 0, en la tabla 6 se muestran el balance predial de macronutrientes, del primer año de proyecto, período marzo 2019 - febrero 2020.

**Tabla 6. Resultados del balance de nutrientes (N, P y K) en un año (marzo 2019 a febrero 2020) según cada institución.**

INSTITUCIÓN	UTU-UTEC			FAGRO-EEMAC			FVET- C. Exp. N°2			INIA LE		
Macronutriente	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Unidad	TON / AÑO			TON / AÑO			TON / AÑO			TON / AÑO		
ENTRADAS	11,1	4,3	7,0	44,0	14,0	22,4	51,5	11,8	22,5	21,5	2,1	10,0
SALIDAS	3,1	0,5	0,9	6,1	1,0	2,2	6,2	1,0	2,1	7,7	1,2	2,8
ENTRADAS - SALIDAS =	8,0	3,9	6,1	37,9	13,0	20,2	45,3	10,9	20,4	13,9	0,9	7,2
Variación de stock animal	-2,0	-0,6	-0,1	-2,6	-0,7	-0,2	-2,9	-0,8	-0,2	-1,3	-0,4	-0,1
ENTRADAS - SALIDAS - VARIACIÓN DE STOCK * =	9,9	4,4	6,3	40,5	13,7	20,4	48,2	11,7	20,6	15,2	1,3	7,3

\*No considera variación de stock a nivel de suelos del predio ni a nivel de residuos o alimentos que no salen del predio.

Los resultados de la tabla anterior muestran que las entradas siempre superan a las salidas de macronutrientes en todos los sistemas. Así mismo la variación de stock animal muestra que en términos de nutrientes, existen más animales al inicio que al final del período considerado. Cabe señalar los bajos niveles tanto de entradas como de salidas que existe en UTU-UTEC, aquí parece ingresar menos nutrientes que en los restantes, debido a un menor ingreso en alimentación animal y fertilización inorgánica.

Para comparar la eficiencia de uso de macronutrientes entre los estudios de casos, se entiende pertinente relativizar los resultados a la superficie de cada sistema productivo (tabla 7), tal como se aplica en la bibliografía internacional y nacional. A excluir la cuantificación de algunas pérdidas (escurrimiento, volatilización, lixiviación, denitrificación) el resultado de los balances se infiere sea inferior. Por otro lado, si se calcula la eficiencia de uso del Nitrógeno, los resultados son 28; 13,8; 12,1 y 35,6% para UTU-UTEC, EEMAC, FVET e INIA LE, respectivamente. Teniendo en cuenta lo señalado por Oenema (2015), el rango deseable se encuentra entre 50 y 90%. Por debajo del 50%, como sucede en los 4 sistemas evaluados, se podría afirmar que todos son ineficientes en el uso de este nutriente. La información nacional (La Manna, A., Duran, H., 2008) indica valores de eficiencia de 22,2% para sistemas con similares características y un máximo de 62,3% para un sistema muy extensivo con un grado de intensificación casi nulo. En lo que refiere a la eficiencia de uso del Fósforo, en este mismo trabajo, para un sistema productivo similar a los evaluados, señala un valor de 36,9%, cuando los valores para los sistemas aquí estudiados dieron 10,8; 6,9; 8,0 y 57%. Esto podría re-afirmar que es INIA LE el sistema que resulta más eficiente en utilizar ambos nutrientes.

Tabla 7. Balance de nutrientes (N, P y K) expresado en Kg/ha efectiva/año de cada tambo

INSTITUCIÓN	UTU-UTEC (120ha)			FAGRO-EEMAC (127ha)			FVET- C. Exp. N°2 (180ha)			INIA LE (50ha)		
Unidad	Kg/ha/año			Kg/ha/año			Kg/ha/año			Kg/ha/año		
Macronutriente	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
ENTRADAS	92,2	36,2	58,7	346,6	110,1	176,3	286,1	65,8	125,1	430,7	43,0	200,1
SALIDAS	25,9	3,9	7,8	48,0	7,6	17,3	34,5	5,3	11,9	153,2	24,5	56,3
ENTRADAS - SALIDAS =	66,3	32,3	50,8	298,6	102,4	159,0	251,6	60,5	113,3	277,5	18,5	143,8
Variación de stock animal	-16,4	-4,7	-1,2	-20,2	-5,8	-1,5	-16,3	-4,6	-1,2	-26,5	-7,6	-2,0
ENTRADAS - SALIDAS - VARIACIÓN DE STOCK * =	82,7	37,0	52,1	318,8	108,2	160,5	401,8	97,7	171,8	304,1	26,1	145,8

## 6.6 Operativa y mantenimiento

La información respecto a la dedicación horaria mensual para la operativa y mantenimiento indica 1.0, 6.3 y 51.8 horas mensuales de una persona para UTU-UTEC, EEMAC e INIA LE, respectivamente. Esto incluye la limpieza de desarenador, operativa del acopio y el separador de sólidos; manejo del irrigador y aplicación del estiércol (fracción sólida del efluente).

El gasto energético asociado al funcionamiento de los equipos de bombeo y separadores de sólidos mecánicos en INIA LE fue de 695.9KWh/mes. Considerando un precio promedio de \$4,627/KWh, según pliego tarifario de UTE 2020 (tarifa MC2: tensión 6,2-15-22Kv), el costo mensual asociado fue de \$3.220, que resulta de un total de 16,17 horas mensuales de funcionamiento del sistema.

Respecto al combustible requerido fue de 8lt/mes de gasoil y un adicional de 10lt en dos oportunidades en el año para la aplicación de sólidos.

En el caso de EEMAC, si se utilizan las mismas equivalencias para convertir las horas de funcionamiento (el sistema se utilizó 5 meses y se trata de sistemas similares de irrigación que incluyen revolvedor y bomba), se utilizó durante 85,47 horas en el total del año considerado, por lo que el costo mensual fue de 17 horas, muy similar a INIA LE.

Respecto a UTU-UTEC, la aplicación a terreno sólo se realizó durante 22 horas en el período considerado (4 meses en primavera y verano), por lo que el gasto fue en 5,5 horas mensuales, el costo estimado por hora se infiere sea un tercio que los sistemas mencionados ya que únicamente se trata de una bomba estercolera de 4,1KW (5,5HP).

Debido a que los SGE evaluados han sido implementados en el marco de este proyecto y por lo tanto han empezado a funcionar gradualmente durante el 2019, existen aún aspectos para ajustar respecto a la operativa y mantenimiento. Se han ajustado los tiempos necesarios para realizar las tareas de limpieza de estructuras de separación (mineral y orgánica, o ambas según el caso), operativa y cambios de posición de los aspersores, frecuencia y dosis de aplicación de sólidos. En la medida que se generen registros con la frecuencia acordada se podrán calcular indicadores económicos que permitan comparar los diferentes sistemas. Conociendo los costos asociados a la operativa y mantenimiento de cada SGE, podemos inferir el grado de complejidad e implicancias económicas de los mismos, información necesaria para la toma de decisiones por parte de los productores.

## **7. Conclusiones**

Los SGE evaluados se ajustan a las características de cada tambo, con diseños que permiten una correcta gestión de los efluentes y se ajustan a las necesidades y posibilidades de cada predio. Esto reafirma la condición de que cada SGE debe ser diseñado y dimensionado según las características del predio considerando sus recursos naturales, humanos y económicos sin olvidar el manejo agronómico, animal y sanitario.

La actividad de campo de éste primer año de proyecto ejecutado principalmente en los tambos de la EEMAC y de la UTU/UTEC muestran resultados preliminares interesantes y promisorios. La aplicación de la fracción líquida si bien no muestra impacto en la calidad de los suelos, sí impacta positivamente en la producción de MS de pasturas, mostrando en el corte medido un 380% más que en la chacra testigo. La aplicación de la fracción sólida sí muestra impacto en la calidad de los suelos e incrementó la producción de alimentos dentro del predio, rindiendo un 40% más el maíz de la chacra aplicada que la testigo. De mantenerse las tendencias observadas a nivel del P Bray I, donde hubo un incremento de gran magnitud y estratificación muy marcada en el perfil del suelo, y atendiendo lo reportado por Perdomo respecto a que escurrimiento superficial mediante,

hay una porción de P que es soluble y podría llegar a las fuentes de agua (Perdomo, publicación web “a”). Sería pertinente sugerir también para esta fuente de P soluble, que sea incorporada al terreno y no aplicada superficialmente, de modo de desfavorecer la llegada P soluble a las fuentes de agua.

A nivel visual, la implementación de los nuevos SGE, resulta en una mejora sustancial del ambiente circundante del tambo y por tanto de la calidad de vida de los que trabajan allí y de la sanidad de las vacas en ordeño, pudiendo inferir una disminución en el riesgo sanitario.

Se reitera que la información generada hasta el momento es insuficiente para corroborar y cuantificar el impacto agronómico-ambiental, económico y social que genera la implementación de los SGE, consensuados por la institucionalidad. Es de esperar que al término de este proyecto la información obtenida sea suficiente para aportar las respuestas.

En lo que refiere al balance de nutrientes a nivel predial, los resultados preliminares muestran una mayor entrada de nutrientes, que salida de los mismos en todos los tambos. El sistema que aparentemente utilizaría en forma más eficientes los nutrientes sería el de UTU-UTEC.

En el correr de éstos 3 años de investigación que ya comenzaron, se espera obtener resultados que aporten valores orientativos a los indicadores de eficiencia productiva, los que también dan cuenta del posible riego ambiental asociado al manejo nutricional del sistema. Así mismo, se espera que el INIA LE y la EEMAC avancen en niveles de estudio mayores, aportando información sobre la magnitud en que distintos mecanismos de pérdida de nutrientes ocurren. Será información fundamental para definir acciones en pro de una mayor eficiencia productiva y cuidado del ambiente, entendiéndose, sostenibilidad de los sistemas.

## 8. Comentarios finales

Hasta junio 2020 se mantuvo el apoyo técnico y de seguimiento del proyecto desde Biovalor. Ahora quienes redoblan compromisos son el INALE, que asume el rol de coordinar reuniones, recopilar y sistematizar la información, junto con INIA LE para analizar los resultados obtenidos. En conjunto, con el resto del equipo integrado por referentes multidisciplinarios de la academia y la investigación nacional, se obtendrá el producto final que aporte las tan anheladas respuestas. La difusión de los resultados será liderada por el INALE, no obstante todas las instituciones ejecutoras del proyecto podrán hacerlo, además de hacer uso de la información de referencia que está previsto generar al cabo de éste proyecto de investigación de 3 años.

## 9. Anexos

### 9.1 Anexo 1. Chacras evaluadas en el proyecto según tratamiento en cada institución.

Institución	Aplicación		Testigo		Tipo de suelo		Cultivo	
	Fracción líquida	Fracción sólida	Fracción líquida	Fracción sólida	Fracción líquida	Fracción sólida	Fracción líquida	Fracción sólida
INIA La Estanzuela	2 chacras	1 chacra	2 chacras	1 chacra	Brunosol Sub-éutrico	Brunosol Sub-éutrico	Festuca	-
							Festuca	
UTU-UTEC	2 chacras	1 chacra	2 chacras	1 chacra	Vertisol rúptico lúvico	Vertisol rúptico lúvico	Alfalfa + dactylis 2do año	-
							Alfalfa 3er año (2019) y Raigras (2020)	
EEMAC	1 chacra	1 chacra	1 chacra	1 chacra	Brunosol éutrico típico y lúvico	Brunosol éutrico típico y lúvico	Festuca 3er año (2019) y Avena y Raigras (2020)	Maíz
FVET*	1 chacra	1 chacra	1 chacra	1 chacra	Brunosol sub-éutrico típico	Brunosol éutrico lúvico	-	Maíz

**9.2 Anexo 2. Fichas: detalle de frecuencia, sitio y procedimiento de muestreo, n° de muestras, gestión de muestras, parámetros a analizar, laboratorio a contratar para cada matriz según consenso del equipo.**

Proyecto "Circularidad de nutrientes" PROTOCOLOS DE MUESTREO	BIOVALOR     MGAP  INALE   INIA La Estanzuela   UTU/UTEC Nueva Helvecia   FVeterinaria   EEMAC   CRS	Ficha Nº 1
SUELO		

**Condición de envío para todos los casos:** etiqueta con información del remitente, teléfono de contacto, fecha de extracción de muestra, listado de parámetros a analizar y servicios que se contratan.

**SITIO DONDE TOMAR MUESTRAS** Chacra tratada y testigo.

**MUESTRA** Compuesta (mínimo 120gr c/u). En estratos a 3 niveles de profundidad:

- 0 - 2,5cm
- 2,5 - 7,5cm
- 7,5 - 15cm

Por chacra son 3 muestras compuestas, una por cada estrato.

**FRECUENCIA** ANUAL, en otoño.

**PROTOCOLO** INIA, ver en adjunto N° 1.

Debe enviarse congelada, refrigerada en conservadora.

**PARÁMETROS**

Nitrógeno orgánico (mg/kg) | Fósforo total (mg/kg) |  
Fósforo Bray I (mg/kg) | MO o CO (%) | pH | CE (mS/cm) |  
Cationes (Ca, Mg, Na, K) (meq/100 g) | S (%), CIC (meq/100 g) |  
B, Zn (mg/kg)

**LABORATORIO** LAAI, ver al dorso dirección y contacto según cercanía.

Proyecto "Circularidad de nutrientes" PROTOCOLOS DE MUESTREO	BIOVALOR     MGAP  INALE   INIA La Estanzuela   UTU/UTEC Nueva Helvecia   FVeterinaria   EEMAC   CRS	Ficha Nº 2
PLANTA		

**Condición de envío para todos los casos:** etiqueta con información del remitente, teléfono de contacto, fecha de extracción de muestra, listado de parámetros a analizar y servicios que se contratan.

**SITIO DONDE TOMAR MUESTRAS** Chacra tratada y testigo.

**MUESTRA** Se analiza 1 muestra compuesta por estación del año, elaborada por las sub-muestras correspondientes a dicha estación obtenidas cada una previo a cada pastoreo.

Las sub-muestras son también compuestas formadas por material proveniente de distintos puntos dentro de la chacra, peso mínimo 250gr.

Ejemplo: en primavera se accede a pastorear a la chacra 4 veces, la muestra compuesta será de 4 sub-muestras (una por pastoreo que a su vez está compuesta de al menos 4 puntos de muestreo de la chacra).

**FRECUENCIA** la extracción de cada muestra es por cada PASTOREO, componiendo una muestra compuesta por estación del año.

**PROTOCOLOS** INIA, ver en adjunto N°2, detalla cómo formar cada sub-muestra. Cada sub-muestra debe congelarse y ser conservada en freezer en bolsa de nylon bien cerrada hasta que es enviada al laboratorio junto las otras de la estación del año, donde se realiza la preparación de la muestra compuesta (1 por estación). Las "n" sub-muestras congeladas de la estación en cuestión deben enviarse refrigeradas en conservadora.



La determinación de % de MS se realiza en una sub-muestra diferente a la que se congela, según rutina de cada institución (microondas o estufa de aire forzado, a 60°C en una fracción (100-200g) que se deshecha una vez hallado el contenido de MS (ver protocolo “Ficha técnica 34-Determinación de MS de una pastura”).

**PARÁMETROS** MS (% y kg) | Nitrógeno (%) | Fósforo (%) | Potasio (%) | S, Ca, Mg (%) | B, Zn, Mo, Cu, Mn, Fe (mg/kg).

**LABORATORIO** LAAI, ver al dorso dirección, contacto según cercanía y horarios.

Proyecto “Circularidad de nutrientes” PROTOCOLOS DE MUESTREO	BIOVALOR     MGAP   INALE   INIA La Estanzuela   UTU/UTEC Nueva Helvecia   FVeterinaria   EEMAC   CRS	Ficha Nº 3
EFLUENTE FRACCIÓN LÍQUIDO COMPOSICIÓN		

**Condición de envío para todos los casos:** etiqueta con información del remitente, teléfono de contacto, fecha de extracción de muestra, listado de parámetros a analizar y servicios que se contratan.

**SITIO DONDE TOMAR MUESTRAS** A la salida del sistema de aplicación.

#### MUESTRA

Se analiza 1 muestra compuesta por estación del año, elaborada por las sub-muestras correspondientes a dicha estación. Las sub-muestras son compuestas por tomas realizadas en distintos momentos de la aplicación del efluente, ser de un volumen mínimo de 1lt y conservadas en freezer hasta su envío a laboratorio.

**FRECUENCIA** Muestrear en cada instancia de APLICACIÓN. Previo o durante la aplicación.

**PROTOCOLOS** INTA Rafaela, ver en adjunto N°3, ítem 2.1.2, detalla cómo formar cada sub-muestra. Cada sub-muestra debe congelarse y ser conservada en freezer en bolsa de nylon bien cerrada hasta que es enviada al laboratorio junto las otras de la estación del año, donde se realiza la preparación de la muestra compuesta (1 por estación). Las “n” sub-muestras congeladas de la estación en cuestión deben enviarse refrigeradas en conservadora.

**PARÁMETROS** Fósforo total (mg/lit) | Fosfato (mg/lit) | N total (mg/lit) |  
K (mg/lit) | Carbono orgánico (%) | Sólidos totales (ST%)

**LABORATORIO** LAAI, ver al dorso dirección, contacto según cercanía y horarios.

Proyecto “Circularidad de nutrientes” PROTOCOLOS DE MUESTREO	BIOVALOR     MGAP   INALE   INIA La Estanzuela     UTU/UTEC Nueva Helvecia   FVeterinaria   EEMAC   CRS	Ficha Nº 4
EFLUENTE FRACCIÓN LÍQUIDO PARÁMETROS DE SANIDAD		

**Condición de envío para todos los casos:** etiqueta con información del remitente, teléfono de contacto, fecha de extracción de muestra, listado de parámetros a analizar y servicios a contratar. Debe enviarse refrigerada en conservadora, **hasta 24hs de extraída la muestra.**

**SITIO DONDE TOMAR MUESTRAS** A la salida del sistema de aplicación. Ver adjunto nº 3, ítem 2.1.2.

**MUESTRA** 2 muestras compuestas independientes:

- 1 para determinación de “indicadores”
- 1 para determinación de “parásitos”

**Cada muestra** se compone de **2 frascos de urocultivo estéril** (esa es la cantidad a enviar a laboratorio por muestra).

**FRECUENCIA** Muestrear en cada instancia de APLICACIÓN. Durante la aplicación.

**PROTOCOLO** Extracción según INTA Rafaela, ver en adjunto N°3.

**PARÁMETROS** **Indicadores:** Coliformes totales | E. Coli | Salmonella.

*Envío: Dirigido a Dra. Cristina Ríos*

**Parásitos:** Parásitos gastrointestinales | Pulmonares | Fasciola Hepática.

*Envío: Dra. Soledad Valledor y Dra. Laura Decia*

**LABORATORIO** Facultad de Veterinaria, ver al dorso especificaciones y contactos.

Proyecto "Circularidad de nutrientes" PROTOCOLOS DE MUESTREO	BIOVALOR     MGAP  INALE   INIA La Estanzuela   UTU/UTEC Nueva Helvecia   FVeterinaria   EEMAC   CRS	Ficha Nº 5
EFLUENTE FRACCIÓN SÓLIDA COMPOSICIÓN		

**Condición de envío para todos los casos:** etiqueta con información del remitente, teléfono de contacto, fecha de extracción de muestra, listado de parámetros a analizar y servicios a contratar. Debe enviarse congelada, refrigerada en conservadora.

**SITIO DONDE TOMAR MUESTRA** Donde se encuentre acopiado previo aplicación o durante.

**MUESTRA** Se analiza 1 muestra compuesta por estación del año, elaborada por las sub-muestras correspondientes a dicha estación, peso mínimo 1Kg.

Las sub-muestras se forman con material proveniente de distintos puntos de la pila.

**FRECUENCIA** Muestrear en cada instancia de APLICACIÓN. Previo o durante la aplicación.

**PROTOCOLO** INTA Rafaela, ver en adjunto N°3, ítem 3.0.

Cada sub-muestra debe congelarse y ser conservada en freezer en bolsa de nylon bien cerrada hasta que es enviada al laboratorio junto las otras de la estación del año, donde se realiza la preparación de la muestra compuesta (1 por estación). Las "n" sub-muestras congeladas de la estación en cuestión deben enviarse refrigeradas en conservadora.

**PARÁMETROS** Fósforo Total (% P2O5) | Nitrógeno total (%) | Potasio (% K2O) | Sólidos Totales (MS) (%) | Materia Orgánica (%) | pH.

**LABORATORIO** LAAI, ver al dorso dirección, contacto según cercanía y horarios.

Proyecto "Circularidad de nutrientes" PROTOCOLOS DE MUESTREO	BIOVALOR     MGAP  INALE   INIA La Estanzuela   UTU/UTEC Nueva Helvecia   FVeterinaria   EEMAC   CRS	Ficha Nº 6
EFLUENTE FRACCIÓN SÓLIDA PARÁMETROS DE SANIDAD		

**Condición de envío para todos los casos:** etiqueta con información del remitente, teléfono de contacto, fecha de extracción de muestra, listado de parámetros a analizar. Debe enviarse refrigerada en conservadora, **hasta 24hs de extraída la muestra.**

**SITIO DONDE TOMAR MUESTRAS**

**Para indicadores:** en equipo de aplicación durante la misma o en sitio de acopio del sólido previo a aplicación.

**Para parásitos:** en sitio de acopio del sólido previo a la aplicación (en la pila de estiércol) y una durante la aplicación.

Ver adjunto nº 3, ítem 3.0.

**MUESTRA** 2 muestras compuestas independientes:

- 1 para determinación de "indicadores"
- 1 para determinación de "parásitos"

**FRECUENCIA** Muestrear en cada instancia de APLICACIÓN.

**PROTOCOLO** Extracción según INTA Rafaela, ver en adjunto N°3.

- Para la determinación de "indicadores": formar la muestra con 2 frascos de urocultivo estéril.

- Para la determinación de "parásitos": se deben extraer 3 muestras a diferentes alturas del perfil de la pila de estiércol: abajo, medio y arriba, y una cuarta al momento de la aplicación, colocar en 4 frascos de urocultivo estériles rotulados para indicar la procedencia.

**PARÁMETROS** **Para indicadores:** Coliformes totales | E. Coli | Salmonella.

*Envío: Dirigido a Dra. Cristina Ríos*

**Para parásitos:** Parásitos gastrointestinales | Pulmonares | Fasciola Hepática.

*Envío: Dirigido a Dra. Soledad Valledory Dra. Laura Decia*

**LABORATORIO** Facultad de Veterinaria, ver al dorso especificaciones y contactos.

Proyecto "Circularidad de nutrientes" PROTOCOLOS DE MUESTREO	BIOVALOR     MGAP  INALE   INIA La Estanzuela   UTU/UTEC Nueva Helvecia   FVeterinaria   EEMAC   CRS	Ficha Nº 7
PLANTA PARÁMETROS DE SANIDAD		

**Condición de envío para todos los casos:** etiqueta con información del remitente, teléfono de contacto, fecha de extracción de muestra, listado de parámetros a analizar. Debe enviarse refrigerada en conservadora (**NO congelada**), hasta 24hs de extraída la muestra.

**SITIO DONDE TOMAR MUESTRAS** Chacra tratada y testigo.

**MUESTRA** Compuesta. Se manda a analizar una muestra por instancia de pastoreo. Cantidad a enviar: 250g.

**FRECUENCIA** Muestrear previo a cada pastoreo.

**PROTOCOLO** Realizar el corte a 1cm del suelo al atardecer o amanecer.

**PARÁMETROS** Parásitos gastrointestinales, pulmonares y Fasciola Hepática.

**LABORATORIO:** Facultad de Veterinaria, ver al dorso especificaciones y contacto.

*Envío: Dra. Soledad Valledor y a Dra. Laura Decia.*

\*\*\*dorso de la ficha\*\*\*

### Laboratorios:

- **LAAI**

Paysandú: Ruta 90, Km 5. Coordenadas GPS -32.3239, -58.0464

Canelones (Sta. Lucia): Ruta 11, Km 87 ½. Coordenadas GPS -34.4661, -56.3683

Durazno: Ruta 5, Km 177. Coordenadas GPS -33.4374, -56.4887

Correo: [laboratorio@laai.com.uy](mailto:laboratorio@laai.com.uy)

Teléfono central: 472 36655- 098 315 225

Horario de recepción de muestras: lunes a viernes de 7 a 20hs. Sábados de 7 a 13hs.

- **Facultad de Veterinaria:** Teléfono: 2-622 17 40

Parámetros:

- 1) **Indicadores:** dirigirlo a Dra. Cristina Ríos.

Dirección: Facultad de Veterinaria, Edificio Hospital, Área de Salud Pública Veterinaria. Lasplacés 1550 CP. 11600

Correo: [cristinarios@adinet.com.uy](mailto:cristinarios@adinet.com.uy)

- 2) **Parásitos:** dirigirlo a Dra. Soledad Valledor y Dra. Laura Decia. Área parasitología.

Dirección: Facultad de Veterinaria, Edificio Hospital, Lasplacés 1550 CP. 11600

Correo: [solevalledor@gmail.com](mailto:solevalledor@gmail.com)

Horario de recepción de muestras: confirmar con Elena de Torres/Cristina Ríos/Soledad Valledor

Ejemplos para etiquetas de identificación y envío de muestras:

		El mayor laboratorio nacional de evaluación y control <a href="http://www.laai.com.uy">www.laai.com.uy</a>	
<b>Información de la muestra</b>			
Empresa			
Ordenado por			
Productor/campo			
Tipo de muestra:		Fecha	Hora
Identificación:			
Análisis a realizar:			
Observaciones:			

<b>ENVÍO A:</b>	
<b>LABORATORIO</b>	
	Ruta 90, km 5 Paysandú.
<b>CENTRO DE ATENCIÓN AL CLIENTE:</b>	
Cel. 098 315 225* / <a href="mailto:laboratorio@laai.com.uy">laboratorio@laai.com.uy</a>	
<b>Remite:</b>	
Nombre:	
Teléfono:	Fecha: 06/08/2019 Hora: 21:49
Envío por:	



Muestreo	SUELO	PLANTA	EFLUENTE - COMPOSICIÓN		EFLUENTE - SANIDAD		
			Líquido	Sólido	Líquido	Sólido	Planta
Sitio	Chacras tratadas y testigo		A la salida del sistema de aplicación, ver adjunto nº 3 ítem 2.1.2	Pila, previo aplicación o durante. Ver adjunto nº 3, ítem 3.0	A la salida del sistema de aplicación, ver adjunto nº 3 ítem 2.1.2	Pila, previo aplicación. Ver adjunto nº 3, ítem 3.0	Chacras tratadas y testigo
Muestra	Compuesta a 3 niveles de profundidad: 0 - 2,5cm 2,5 - 7,5cm y 7,5 - 15cm Resultado: 3 muestras / chacra	Compuesta dentro de la chacra de estudio y luego, se manda a analizar una muestra compuesta por estación del año (pool)	1 muestra compuesta por estación del año (pool), elaborada por las sub-muestras correspondientes a dicha estación. A su vez cada sub-muestra debe ser compuesta		Compuesta		
Frecuencia	Anual	1 por vez que se pastorea la chacra	Muestrear en cada instancia de aplicación. Previo aplicación para fracción sólida, durante aplicación para fracción líquida				Previo a cada pastoreo
Momento	En otoño	Previo al pastoreo					
Protocolo	INIA - adjunto N° 1	INIA - adjunto N°2, para formar cada submuestra. Se envía a LAAI “n” sub-muestras compuestas para formar el pool.	INTA Rafaela - adjunto N° 3, detalla cómo formar cada sub-muestra. Se envía a LAAI “n” sub-muestras compuestas para formar el pool.		INTA Rafaela - adjunto N° 3, detalla cómo formar la muestra		INIA - adjunto N° 2.
					1) <u>Indicadores</u> : 2 frascos de urocultivo_esteril 2) <u>Parásitos</u> : 2 frascos de urocultivo esteril	1) <u>Indicadores</u> : 2 frascos de urocultivo esteril 2) <u>Parásitos</u> : 4 frascos de urocultivo esteril (1 por punto de muestreo de la pila de estiércol sólido) y la 4ta del material aplicado	
Parámetros	Nitrógeno orgánico (mg/kg), Fósforo total (mg/kg), Fósforo Bray I (mg/kg), MO o CO (%), pH, CE(mS/cm), Cationes (Ca, Mg, Na, K) (meq/100 g), S (%), CIC (meq/100 g), B, Zn (mg/kg)	MS (%), Nitrógeno (%), Fósforo (%), Potasio (%), S, Ca, Mg (%), B, Zn, Mo, Cu, Mn, Fe (mg/kg).	Fósforo total (mg/l), Fosfato (mg/l), N total (mg/l), K (mg/l), Carbono orgánico (%), Sólidos totales (MS%)	Ídem fracción líquida y además pH	1) <u>Indicadores</u> : Coliformes totales, E. Coli, Salmonella, Leptospira 2) <u>Parásitos</u> : gastrointestinales, pulmonares y Fasciola Hepática		Parásitos gastrointesti-nales, pulmonares y F. Hepática
Laboratorio	LAAI, ver al dorso dirección y contacto según cercanía				Facultad de Veterinaria, ver al dorso especificaciones y contacto		

Listado de adjuntos: material de consulta entregado en persona para cada institución.

**Nº1:** Recomendaciones para un correcto muestreo de suelo. Cód.: DOC-LE-su-07. INIA.

**Nº2:** ¿Cómo hacer cortes para estimar disponibilidad? INIA.

**Nº3:** Procedimiento de muestreo de efluentes líquidos y residuos sólidos orgánicos generados en el tambo. INTA Rafaela.

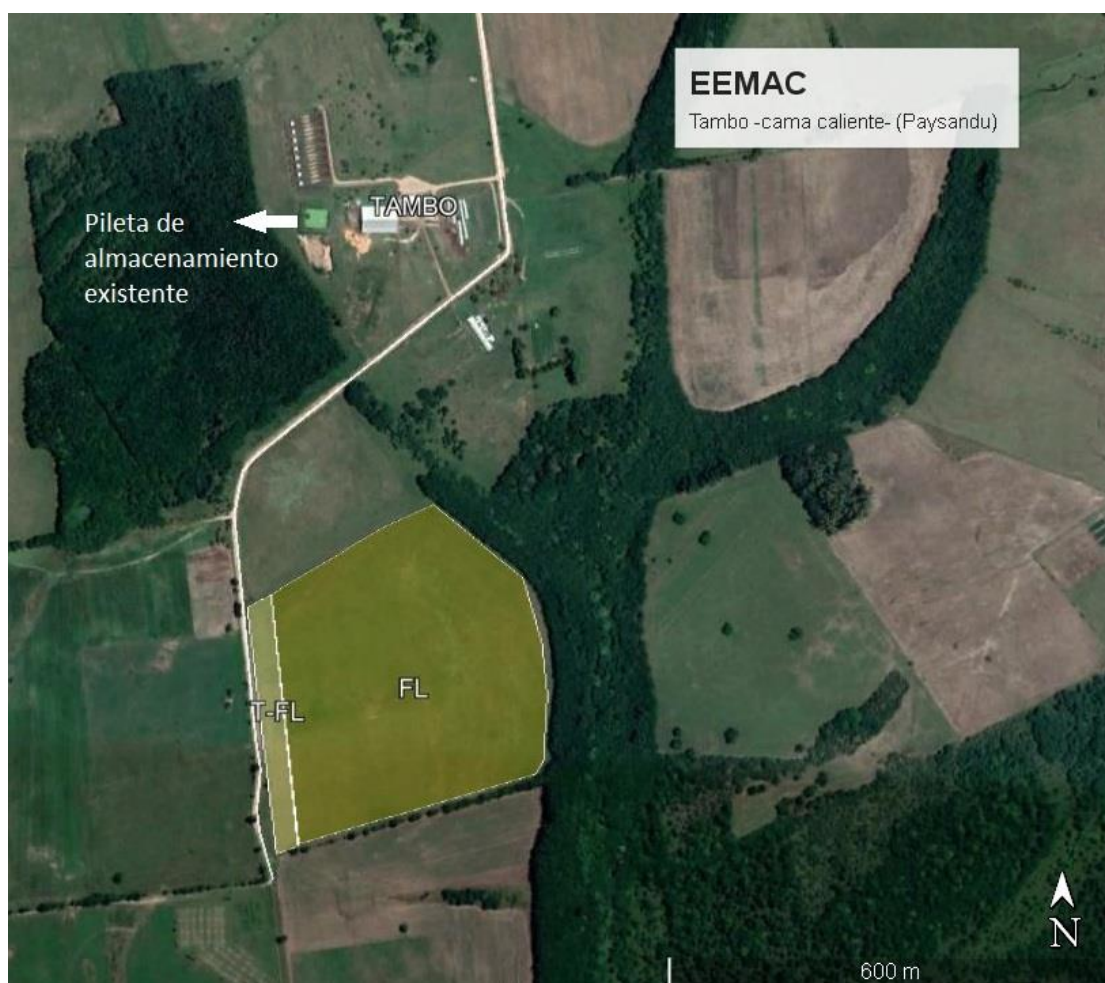
**Nº4:** Determinación de la materia seca de una pastura. INIA.

### 9.3 Anexo 3. Ubicación de las chacras alcanzadas por el proyecto en cada SGET.









## 10. Bibliografía

- Perdomo, C., 2015. Recomendación de Dosis de Fertilización. [http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/RecDosis\\_impr.pdf](http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/RecDosis_impr.pdf)
- Perdomo, C. Publicación web "a". Niveles críticos ambientales de P en el suelo para la Cuenca del Río Santa Lucia. FAGRO-UdelaR. [http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Las%20Brujas/Sustentabilidad/FPTA%20medio%20ambiente/6.%20Perdomo\\_FPTA301.pdf](http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Las%20Brujas/Sustentabilidad/FPTA%20medio%20ambiente/6.%20Perdomo_FPTA301.pdf)
- García Préchac. 2019. Contaminación de Aguas Superficiales y Profundas en Uruguay. Foro INALE 2019. <https://www.inale.org/wp-content/uploads/2019/06/PPT-Fernando-Garcia-FORO-2019.pdf>.
- Del Pino, A. Cationes. [http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/cationes\\_impr.pdf](http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/cationes_impr.pdf)
- Oenema O. et al. EU Nitrogen Expert Panel (2015) Nitrogen Use Efficiency (NUE) - an indicator for the utilization of nitrogen in agriculture and food systems. 2015. [https://www.researchgate.net/publication/312554339\\_Nitrogen\\_Use\\_Efficiency\\_NUE\\_-\\_an\\_indicator\\_for\\_the\\_utilization\\_of\\_nitrogen\\_in\\_agriculture\\_and\\_food\\_systems\\_Prepared\\_by\\_the\\_EU\\_Nitrogen\\_Expert\\_Panel](https://www.researchgate.net/publication/312554339_Nitrogen_Use_Efficiency_NUE_-_an_indicator_for_the_utilization_of_nitrogen_in_agriculture_and_food_systems_Prepared_by_the_EU_Nitrogen_Expert_Panel)
- La Manna, A., Durán, H. 2008. XXXVI Jornadas Uruguayas de Buiatria. Balance de nutrientes en tambos, una primera aproximación al proceso de identificación y su potencial impacto en el ambiente., pp. 12-17. INIA La Estanzuela. <https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/handle/123456789/98>