

II Congreso de Agua Ambiente y Energía, AUGM

Hacia una lechería sostenible: Gestión de efluentes líquidos de tambo, reutilizados como fertilizante orgánico, en Estación Experimental de Facultad de Agronomía Salto.

Paola Russo^a, Federico Senattore^a, Elena Alvareda^b, Ricardo Rosales^b, Nicolás Rezzano^c, Mauro D'Angelo^c

a) Lic. En Recursos Hídricos y Riego. CENUR, Salto. paolarussoganon@gmail.com

b) Departamento del Agua. CENUR. Rivera 1350. ealvareda@gmail.com

c) Instituto de Mecánica de los Fluidos (IMFIA), Facultad de Ingeniería, UDELAR. Av. Julio Herrera y Reissig 565. nrezzano@gmail.com

RESUMEN:

En la actualidad, en Uruguay, la planta de ordeño, o tambo, se caracteriza generalmente por ser un establecimiento de producción familiar, con 100 a 200 vacas en ordeño. Allí se genera un efluente caracterizado principalmente por poseer: elevados contenidos de materia orgánica, altas concentraciones de macronutrientes como Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), y elevada carga de microorganismos patógenos (coliformes fecales termotolerantes). Por lo que la práctica de vertido no controlado, implica riesgo de contaminación de las aguas superficiales, subterráneas, y del suelo.

Siguiendo los requerimientos de la Normativa uruguaya vigente del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP) y decreto 253/79 del Poder Ejecutivo, para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas; se propone gestionar sustentable y sosteniblemente, el efluente generado en el tambo, mediante su reuso como fertilizante orgánico, aplicándolo de manera controlada a terreno, manejando los nutrientes generados, bajo el concepto de economía circular, donde todos los nutrientes generados en la actividad se redistribuyen y conservan en el predio.

Con este enfoque, se logró minimizar el riesgo de erosión del suelo, el riesgo de eutrofización de aguas superficiales, y también el riesgo de contaminación de cultivos y aguas subterráneas por patógenos.

PALABRAS CLAVE: REUSO DE EFLUENTE AGRÍCOLA, LECHERÍA, DESARROLLO SOSTENIBLE, ECONOMÍA CIRCULAR, MEDIO AMBIENTE, CALIDAD DEL AGUA.

1 INTRODUCCIÓN

La planta de ordeño, o tambo, es el establecimiento en el cual se realizan actividades productivas de lechería. Habitualmente, cuenta de una parcela de pastoreo para el rebaño de vacas lecheras, y una planta de ordeño. La planta de ordeño consiste generalmente de una sala de espera del ganado, y una sala de ordeño, donde diariamente, dos veces por día, se ordeña a los rumiantes (Figura 1).

La actividad productiva del tambo, requiere la limpieza constante de las instalaciones, es por esto, que el efluente de tambo, se compone principalmente, de agua proveniente del lavado de sala de espera y sala de ordeño. Conteniendo diversos residuos como heces fecales, orina, pasto, arena, leche, detergentes y desinfectantes, estos últimos provenientes del proceso de limpieza.

Es por ello, que el efluente de tambo se caracteriza por poseer: elevados contenidos de materia orgánica, elevadas concentraciones de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), y elevada carga de microorganismos patógenos (coliformes fecales termotolerantes) [1].

Estas características negativas desde el punto de vista del efluente, han comenzado a ser vistas como positivas, en los últimos años, desde el punto de vista de la reutilización. Ya que, tanto los nutrientes, como la materia orgánica, proveen grandes aportes al mejoramiento de las propiedades del suelo, si son gestionados adecuadamente [2].

Tanto es así, que desde hace ya muchos años, se viene manejando en Europa, Nueva Zelanda y países de primer mundo, el concepto de filtro verde, que consiste en la utilización de especies vegetales de gran porte, que reciben un flujo controlado de entrada de efluente, para degradarlo; con lo que se han obtenido excelentes resultados en cuanto a remoción de nutrientes [3] [4].



Figura 1. Instalaciones típicas: sala de espera (izquierda), sala de ordeño, (derecha).

1.1 *Caso de estudio*

El área de estudio del presente trabajo, es el tambo de Estación Experimental de Facultad de Agronomía, San Antonio, Salto, (EEFAS). El mismo posee características de producción

familiar con un rebaño de 80 - 100 vacas, y estacionalidad en la generación de efluentes, acorde a la temporada de parición. Actualmente, no posee un plan de gestión sostenible del efluente generado. Siendo el mismo, vertido de manera no controlada, directamente desde el colector, al terreno, lo que supone un riesgo de contaminación ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 *Objetivo general*

Diseñar un sistema de gestión sostenible, de reutilización del efluente líquido de ordeño, en forma de fertilización orgánica, para el tambo EEFAS.

2.2 *Objetivos específicos*

- Diseñar sistema de colección y almacenaje del efluente líquido con impermeabilización.
- Caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente el efluente, y diseñar dos alternativas de aplicación del mismo, una manual y otra semi-automática.
- Plantear un plan de aspersiones y rotaciones de cultivos, minimizando el riesgo: de erosión del suelo, de eutrofización del agua superficial, de contaminación de napas subterráneas con patógenos.
- Presentar planos constructivos de las instalaciones diseñadas, tuberías y sistemas de bombeo.
- Presentar costos comparativos de inversión, y gastos de operación y mantenimiento de las propuestas.

3 METODOLOGÍA

3.1 *Propuesta*

Se propone gestionar el efluente líquido del tambo de manera integral, reutilizándolo como fertilizante orgánico, bajo un concepto de economía circular, en el cual, los nutrientes generados, se redistribuyen y restauran al ciclo.

Para esto, se efectúan aplicaciones controladas a terreno, teniendo en cuenta la preservación de la calidad del suelo, de las aguas superficiales y subterráneas.

Esta preservación y minimización de riesgos ambientales, se logran mediante: el diseño riguroso de las láminas a aplicar, la priorización de un control diario de la humedad estimada del suelo, y diseño de especies específicas a plantar y áreas a cultivar requeridas, que permiten conseguir el consumo deseado de los nutrientes aplicados.

En la sala de espera, a la salida de la canaleta, que recoge el agua de lavado, se plantea como etapa de desbaste, una reja de limpieza manual, donde quedan retenidos los sólidos gruesos como ramas y palos. A continuación, se recicla la actual “cámara de almacenaje” de 18 m³, para pasar a usarla como sedimentador primario de sólidos, donde queda retenida la arena, piedras, y otros sólidos sedimentables.

Seguidamente, se colecta el agua de la cámara y sala de ordeño, conservando el actual tramo de 100 m, de tubería de PVC 110. A continuación se construye un tramo 320 m, de colector de PEAD 200 mm [5], para solucionar el problema de vertido directo localizado, no controlado.

El flujo colectado, se dirige a una laguna de almacenaje, que le proporciona al sistema, la capacidad buffer, de esperar para efectuar las aplicaciones, hasta que la humedad del suelo lo permita [6]. La misma, puede impermeabilizarse, con geomembrana, o arcilla compactada.

En el caso de la alternativa: aspersión mediante estercolera, los días que se puede regar, porque la humedad del suelo lo permite, el operario recoge el efluente, y se dirige hacia la parcela correspondiente, donde lo aplica.

En el caso de la alternativa: aspersión semi-automática, se diseña una estación de bombeo con aspersión por cañón fijo. Sobre la laguna se coloca, una bomba, con trituración de sólidos, soportada en una balsa flotante, que se activa cuando el operario le indica la orden: regar ó recircular en laguna, según el suelo esté seco o no (el criterio se detalla más adelante). La recirculación se plantea, por su rol fundamental de desestratificación de la laguna. La bomba impulsa el fluido hacia otras dos bombas centrífugas, colocadas en serie, que elevan el flujo hasta la zona de aspersión. A continuación, se encuentra una tubería PEAD de impulsión que se acopla a un cañón fijo, el cual efectúa la aspersión (Figura 2).

Se propone utilizar tres parcelas, una con cultivos de verano, una con cultivos de invierno y otra de apoyo, para los momentos en que no se pueda aplicar en las otras dos. En cada una se cultiva en rotación: [Alfalfa (ALF) y Ryegrass (RG)] (verano), [Trébol Blanco (TB) y Avena (AV)] (Invierno), [Pradera Natural (PN)] (Apoyo). El esquema de aspersión consiste en aplicar sobre suelo barbechado en parcela 1, esperar 30 días, para permitir el efecto biocida de los rayos UV solares sobre los agentes patógenos, y luego sembrar. Durante el crecimiento del cultivo, no se aplica, por razones sanitarias, y se pasa a aplicar en la parcela 2, y así sucesivamente, se rota la aplicación (Tabla 1).

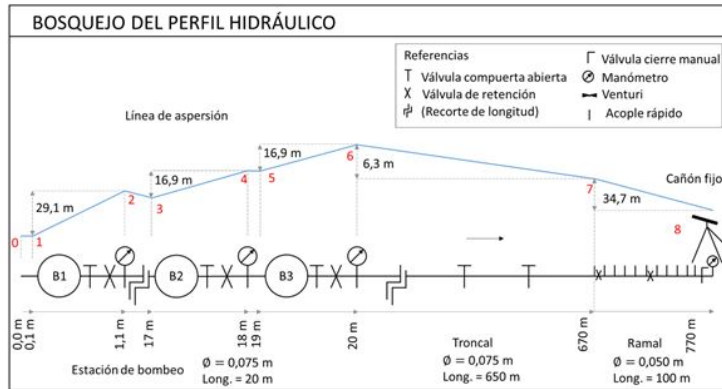


Figura 2. Diagrama de flujo y perfil hidráulico, opción semi-automática.

4.1 Cálculos efectuados

Para conocer el volumen que debe tener la laguna, se calcula primero la cantidad máxima de días, durante los cuales no se puede regar, y hay que almacenar, debido a que la humedad del suelo es mayor a 80%. Se pretende evitar regar con el suelo húmedo, para prevenir la erosión.

Una vez conocido el volumen a almacenar, se calculan las características geométricas de la laguna, suponiendo que ésta sea un tronco de pirámide invertido.

Posteriormente, se calcula la evolución del volumen en la laguna, para conocer con qué frecuencia hay que aplicar, para que no desborde nunca, pero a la vez, respetando condiciones de humedad del suelo, recurriendo a estudios de suelos.

Finalmente, con los contenidos de nutrientes en el efluente, analizados en laboratorio (Tabla 2), y con la tasa de aplicación diseñada, se efectúan balances de masa de nitrógeno (N) y fósforo (P) aplicado a cultivos de verano e invierno en rotación [7], en tres parcelas, para asegurar el consumo de la totalidad del N y P aplicados, para prevenir el escurrimiento del exceso de nutrientes en el suelo, que provoca contaminación de aguas superficiales.

Tabla 2. Parámetros físico-químicos y microbiológicos medidos.

Parámetro	Punto 1 (Playa y Pre-Playa)	Punto 2 (Sala)
Temperatura [°C]	24,1	24,9
pH	9,24	9,60
Conductividad [μ S/cm]	18,4	9,60
Coliformes fecales [ufc/100 mL]	$1,54 \times 10^{10}$	SD
Nitrógeno Total [mg/L]	200,5	61,0
Fósforo [mg/L]	59,1	28,6

Tabla 1. Plan de aspersiones y rotaciones (solo se muestra 1 de 5 años como ejemplo).

Año	Mes	PARCELA 1	PARCELA 2	PARCELA 3
1	ene			
	feb			
	mar			
	abr	APLICO		
	mayo	APLICO		
	jun	APLICO		
	jul	APLICO		
	ago	APLICO		
	sep	ESPERO		APLICO
	oct	ALF	APLICO	
	nov	ALF	APLICO	
	dic	ALF	APLICO	
2	ene	ALF	APLICO	
	feb	ALF	APLICO	
	mar	ALF	ESPERO	APLICO
	abr	APLICO	TB	
	mayo	APLICO	TB	
	jun	APLICO	TB	
	jul	APLICO	TB	
	ago	APLICO	TB	

5 RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

Se pudo demostrar que la laguna debe tener la capacidad de almacenar efluentes de hasta 186 días, durante los cuales no se pudo aplicar, ya que el suelo se encontraba demasiado húmedo, en un período de prueba de balances de 18 años, en paso diario. Este período coincide con la época de invierno, dado que la evaporación es menor. Para ello la laguna debe tener un volumen útil de 735 m³.

Respecto a costos, la construcción con trailla, ascendería a un monto de USD 4200. Su impermeabilización por geomembrana, costaría unos USD 17.300, y por arcilla compactada unos USD 1500. Para la aspersión, puede efectuarse mediante estercolera, manejada por operario, lo cual no requiere inversión inicial, porque ya se cuenta con la maquinaria. Mientras que el equipo de bombeo y aspersión completo, y costaría unos USD 10.000.

El efluente de ordeño debe ser gestionado indudablemente. El vertido directo no es una opción. La propuesta de almacenaje y aplicación controlada a terreno, brinda la posibilidad de transformar un desecho en un recurso. Con este sistema, se logran beneficios múltiples, como mejorar propiedades del suelo, economizar en nutrientes inorgánicos, y redistribuir los nutrientes en el predio, lo que hace a una gestión sustentable y sostenible.

6 AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todos las personas que de alguna manera se involucraron y colaboraron con este proyecto. Al Centro Universitario Regional Litoral Norte (CENUR). Al Departamento del Agua y al Laboratorio de Agua y Suelos, CENUR. A la Estación Experimental de Facultad de Agronomía (EEFAS) Estación Agrometeorológica. Al Instituto de Mecánica de los Fluidos (IMFIA), Montevideo. Al Departamento de Ecología y Evolución, CURE, Maldonado. Al Polo de Ecología Fluvial, CENUR, Paysandú.

7 REFERENCIAS

- [1] Metcalf & Eddy, (2003). Wastewater Engineering. 5th ed. McGraw-Hill. UK: England.
- [2] Imhoff, S. (2014). Efluentes líquidos de tambo: efectos de su aplicación sobre las propiedades físicas de un argiudol. *Ciencia del Suelo*, 32(2), 1.
- [3] Dairy NZ (2017). Dairy Effluent Treatment Systems. <https://www.dairynz.co.nz>. acceso 02/07/19.
- [4] Houlbrooke, D. Efluentes de tambo: una mirada a Uruguay desde la experiencia de Nueva Zelanda (20 de abril de 2015). CONAPROLE. <https://www.inale.org/historico>, acceso 02/07/19.
- [5] IMM, (2010). Términos de referencia para la ejecución de los proyectos de saneamiento y drenaje. Uruguay: Montevideo.
- [6] Hillel. (1998). Riego en cultivos y pasturas. 2do Seminario Internacional, 2012 ed. Salto Uruguay: Grupo de desarrollo del Riego, Facultad de Agronomía, INIA. Uruguay.
- [7] USDA (2017). Crop Nutrient Tool. [Tool]. Versión 3 de enero de 2017. Recuperado de <https://plants.usda.gov>.