



FCA
Facultad de Ciencias
Agropecuarias



Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Agropecuarias

Área de Consolidación

MANEJO DEL EFLUENTE EN EL TAMBO

DE GRANDIS, MAXIMILIANO JOSÉ

VISINTINI, MARÍA GISELE

AGRADECIMIENTOS

A nuestro Tutor Ing. Agr. Fernando Masia, por su tarea y su tiempo durante el trabajo final.

Al Ing. Agr. Jorge Dutto, por recibirnos en su lugar de trabajo, brindarnos parte de su tiempo y por colaborar con su experiencia en el tema.

A la Ing. Agr. Adriana Rollan, quien realizó importantes aportes, poniendo a nuestra disposición sus amplios conocimientos y experiencia, como así también aquellos consejos y críticas constructivas que nos han permitido crecer tanto personal como profesionalmente.

Al Ing. Agr. Alejandro Moreno por su entusiasta participación en los análisis químicos y procesamiento de datos que permitieron mejorar las estimaciones elaboradas.

Al productor de los establecimientos estudiados Ing. Agr. Gabriel Visintini por su colaboración y buena disposición para recibirnos, además de brindarnos su visión del tema y de la realidad del mismo en la zona.

Por último y no menos importante, a nuestros familiares y amigos, que hicieron posible con mucho esfuerzo nuestros logros y nuestra formación tanto personal como profesional.

A todos ellos, muchas gracias.

INDICE

INDICE	3
INDICE DE TABLAS Y FIGURAS	4
LISTA DE ABREVIATURAS	5
RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
MATERIALES Y MÉTODOS	9
Ubicación de la Unidad Experimental.....	9
Caracterización ambiental	10
Caracterización de los establecimientos	11
Determinaciones	13
Caracterización de los efluentes generados.....	13
Estimación de la cantidad de Efluentes líquidos y sólidos según:	13
Medidas analíticas	15
Análisis estadístico	15
RESULTADOS	16
DISCUSIÓN	19
RECOMENDACIONES	22
Minimizar el consumo de agua	22
Propuesta Tambo 1	23
Propuesta Tambo 2	24
Evaluación de la inversión	28
CONCLUSIÓN	29
BIBLIOGRAFIA	30

ANEXO.....	33
Análisis de agua	33
Imágenes	35

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1.Imagen satelital que muestra la ubicación de los establecimientos tomando como referencia la localidad de Colonia Vignaud.	10
Croquis 1: Instalaciones del Tambo 1.	12
Croquis 2: Instalaciones del Tambo 2.	13
Tabla 1. Detalle de las muestras y lugar de extracción de las mismas según unidad de estudio (Tambo 1 y 2).	14
Tabla 2.Cantidad de efluentes líquidos generados por día en los Tambos 1 y 2, y su representación porcentual del total según su origen.	16
Tabla 3. Cantidad de efluentes sólidos generados por día en el Tambo 1 y en el Tambo 2.	17
Tabla 4.Características microbiológicas de las muestras de efluentes extraídas en la zona más cercana (M1 y M5) y en la más alejada (M3 y M8) al ingreso del efluente crudo en ambos tambos.	18
Tabla 5.Valores obtenidos para los parámetros físico-químicos en los sitios evaluados.	18
Tabla 6.Índices obtenidos a partir de los análisis de la calidad de agua de ambos tambos.	19
Tabla 7.Comparación de los resultados obtenidos en los puntos finales (M3 y M8) de las lagunas analizadas con las legislaciones correspondientes.....	20
Tabla 8. Eficiencia de remoción al inicio y al final del tratamiento de ambos tambos.	21
Figura 2.Tamiz estático.....	25
Croquis 3. Redimensionamiento de las lagunas para el tratamiento del efluente.	24
Croquis 4. Instalaciones del tambo 2 donde se ilustra el tamiz estático y el playón de sólidos, además del recorrido de los efluentes antes y después del tratamiento.	26
Figura 3. Rendimiento de granos de trigo y de soja de 2a (campaña 2007/08) con y sin aplicación de estiércol.	27
Tabla 9: Resumen de gastos para la construcción del playón para el depósito de sólidos.	28
Tabla 10: Cantidad de fertilizantes comerciales equivalente a los kg de N y P producidos en las instalaciones.	28

LISTA DE ABREVIATURAS

CE: conductividad eléctrica

Ec.: ecuación

hs: horas

Kg: kilogramo

L: litros

m: metro

M: muestra

m²: metro cuadrado

m³: metro cúbico

meq: miliequivalente

mg: miligramos

mm: milímetros

MO: materia orgánica

MS: materia seca

NMP: número más probable

PSI: porcentaje de sodio intercambiable

RAS: relación de absorción de sodio

RSC: carbonato de sodio residual

U: Unidad

UFC: unidad formadora de colonias

VO: vacas en ordeño

RESUMEN

En el siguiente trabajo experimental se realizó una descripción del manejo de los efluentes en dos establecimientos lecheros ubicados en las provincias de Córdoba y Santa Fe. El objetivo del trabajo fue comprender la importancia del tratamiento, además de evaluar y comparar la calidad de los efluentes generados con los límites máximos admisibles para la descarga de efluentes líquidos a cuerpos de agua superficial descriptos en la legislación vigente de cada provincia. Fueron estimadas la cantidad de heces en corrales de espera y la demanda de agua en las distintas operaciones realizadas durante el ordeño. Se tomaron muestras de las lagunas de tratamiento, analizando la calidad fisicoquímica y microbiológica.

Los resultados obtenidos expresan que se produce diariamente por vaca en ordeño alrededor de 30 litros de efluente y quedan en las instalaciones un total de 35000 Kg de materia seca de excretas anualmente. Las lagunas de almacenamiento no resultaron eficientes ya que no lograron al final del tratamiento ser compatibles con la normativa de vertido para evitar la contaminación de cursos de agua. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el inicio y final de los tratamientos, mostrando variabilidad de los parámetros analizados, relacionado a las diferentes características de las lagunas.

Las necesidades de una gestión ambiental adecuada en los sistemas de producción animal, requiere de un manejo apropiado de estos residuos dentro del mismo establecimiento. Por lo cual se realizaron propuestas para cada establecimiento a fin de mejorar el tratamiento de los efluentes generados.

Palabras clave: tratamiento de efluentes –legislación – calidad – producción lechera.

INTRODUCCIÓN

La producción de leche y sus derivados constituye uno de los subsistemas agroalimentarios de mayor importancia estratégica en nuestro país (Castignani., 2009). En el país existen alrededor de 11600 tambos con unas 1.8 millones de vacas, ubicados principalmente en las provincias de Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires con una participación del 35%, 32% y el 28% respectivamente (MAGyP., 2013)

La Argentina inició, desde hace algunos años, un acelerado proceso de intensificación de la producción de leche. Uno de los indicadores más relevantes de este proceso fue el importante crecimiento del tamaño de los rodeos en mayor medida que la expansión en superficie o el incremento en el número de tambos. Mientras que la producción de leche a nivel nacional en los últimos 20 años aumentó en un 76% (de 6590 millones de litros en 1992 a 11338 en 2012 Ministerio de Agricultura, 2012), el número de tambos se redujo a menos de la mitad (aproximadamente 30100 a 11600 unidades productivas) de acuerdo con las estimaciones del Censo Nacional Agropecuario realizado el año 2012 (Ministerio de Agricultura, 2012).

Esta transformación del sistema productivo ocasiona, además de un aumento en los valores de producción individual de leche, un fuerte incremento de las cantidades de residuos sólidos generados, donde en general, no existen en las instalaciones de ordeño, una adecuada infraestructura ni una planificación sobre su destino final que pueda hacer frente a este proceso de una forma sustentable y eficiente. Ante esta situación, es de suma importancia el manejo y el tratamiento que se hace de estos residuos, un tema que aun hoy en Argentina se encuentra escasamente desarrollado (García., 2015).

En Estados Unidos, las lagunas anaeróbicas y las fosas de almacenamientos son los tipos más comunes de estructuras de almacenamientos usadas para estos residuos. En Nueva Zelanda el tratamiento es principalmente mediante la aplicación como riego, o a través de dos lagunas de estabilización, siendo la primera anaeróbica y la segunda facultativa. En Australia, el sistema más utilizado son dos lagunas en serie (Wrigley., 1994). En Uruguay, a partir de resultados internacionales y de experiencias propias, se infiere que el sistema de tratamientos que mejor se adapta a la dinámica de los tambos es el de lagunas de estabilización (García., 2015).

Relevamientos realizados en nuestro país destacan que en la gran mayoría de los tambos los efluentes tienen como destino final el vuelco a cuerpos superficiales de agua y que solo una baja proporción de los mismos hace reutilización de los efluentes líquidos o sólidos, ya sean crudos o tratados aplicándolos al suelo (Herrero et al., 2009; AACREA., 2014; INTA., 2009).

No existe actualmente en Argentina una legislación específica que se refiera a los residuos generados en las instalaciones lecheras. Sin embargo, de acuerdo a sus características físicas, químicas y biológicas se enmarcarían en distintas leyes y resoluciones que se refieren a vertidos industriales líquidos.

A nivel nacional existe una ley de presupuestos mínimos, Ley 25675: “Ley general del ambiente”, que luego a partir de ésta, cada provincia en forma particular puede redactar su propia legislación pudiendo ser igual o más estricta, pero nunca menos que la original (Taverna et al., 2004). Cada provincia en particular establecerá sus reglamentos de control de descarga de líquidos residuales, por ejemplo, en la provincia de Córdoba existe el Decreto 415-99 que establece las Normas para la Protección de los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos, de aplicación a todas las actividades industriales, comerciales y de servicios cuyos residuos (líquidos o sólidos) sean vertidos a cuerpos receptores (ríos, embalses, arroyos, canales de desagües, colectores pluviales o aquellos determinados por la autoridad de aplicación). Mientras que para la provincia de Santa Fe rige la Resolución 1089/82 donde se establece las condiciones a que deberá ajustarse el efluente considerando además del lugar a donde es volcado y la capacidad de dilución del cuerpo de agua receptor.

Independientemente del manejo por el que se opte, es importante conocer qué y cuánto es lo que se está generando en cada instalación, ya que, la variabilidad que existe es muy amplia, debido a que depende directamente de la rutina y el manejo que se haga en cada tambo, entre otros factores. Es importante también, tener en cuenta que los efluentes líquidos y los residuos sólidos generados en el tambo, constituyen una fuente de nutrientes que, utilizados de manera correcta, pueden reemplazar parte del uso de los fertilizantes comerciales (García., 2015).

Los efluentes han sido comúnmente utilizados como fertilizantes y mejoradores de suelos en cultivos y praderas de corte y pastoreo desde hace muchos años. Aunque en Argentina no es una prácticas muy difundida aún (Charlon., 2013).

El correcto manejo de estos residuos es un aspecto clave para la sustentabilidad de los sistemas lecheros en función de dos aspectos. Por un lado limitar la transferencia de nutrientes

desde la pastura o cultivos hacia secciones improductivas de la explotación (e.g. corrales, fosa). Por el otro lado, limitar el efecto negativo de los efluentes del tambo sobre el medio ambiente y la salud humana y animal.

A partir de esta problemática instalada en nuestro país, el presente trabajo comprende los siguientes Objetivos:

Generales:

- Comprender la importancia del tratamiento de efluentes en sistemas lecheros ubicados en las provincias de Córdoba y Santa Fe.

Específicos

- Cuantificar la demanda de agua en las distintas operaciones realizadas durante el ordeño y caracterizar el manejo actual de los efluentes en dos explotaciones lecheras.

- Evaluar la calidad físico-química del efluente producido en cada tambo.

- Comparar la calidad de los efluentes generados con los requerimientos legales y regulatorios.

- Planificar soluciones tecnológicas acorde a cada tambo para el tratamiento y disposición final de los efluentes.

- Minimizar el impacto para que la gestión resulte amigable con el ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la Unidad Experimental

Se trabajó en dos tambos, identificados como Tambo 1 y 2, el primero ubicado en Colonia San Pedro, al Noreste del departamento San Justo, en la provincia de Córdoba (30° 46' 51" Oeste - 61° 56' 52" Sur). El segundo en la zona rural de Colonia Tacurales, en la Provincia de Santa Fe, aproximadamente a 15 Km hacia el este del primer tambo (30°47'15" Sur - 61°47'8.163" Oeste). Ambos tambos serán tomados dentro de la Zona Agroeconómica Homogénea de San Francisco (ZAH IX-C San Francisco) (Ghida Daza y Sánchez., 2009).

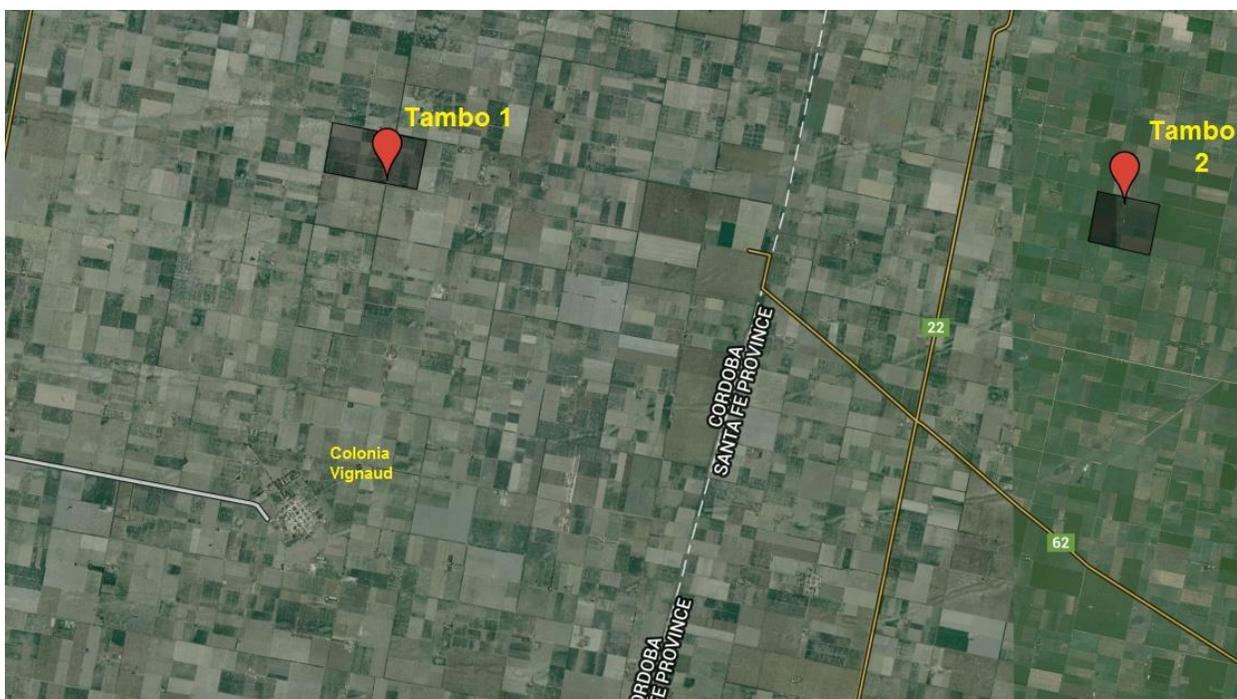


Figura 1. Imagen satelital que muestra la ubicación de los establecimientos tomando como referencia la localidad de Colonia Vignaud.

Caracterización ambiental

Las unidades de estudio se encuentra inserta en la región fitogeográfica Del Espinal (Cabrera, 1976). En cuanto a la fisiografía del terreno se halla dentro de la Planicie alta santafesina y correspondiente con los suelos la mayor proporción pertenece a la serie Mlac-3 con capacidad de uso IV^1ws^2 , también se observa la serie Mlac-1, *clase III³ws* y Mltc-3, *clase II⁴* (Carta de suelos de la provincia de Córdoba., 2012).

¹Los suelos de la Clase IV pueden ser utilizados para pasturas y otros usos de la tierra. Son suelos con drenaje interno, pobre y moderadamente afectados por alcalinidad sódica y/ alcalinidad, que restringe de manera severa el crecimiento y elección de cultivos.

²La clasificación *ws* corresponde con suelos con drenaje imperfecto a moderado que restringen el normal crecimiento de los cultivos o las operaciones de labranza, siembra o cosecha durante un lapso significativo y moderadamente afectados por salinidad y/o alcalinidad.

³Los suelos de la clase III son adecuados para cultivos, pasturas y otros usos de la tierra. Presentan drenaje imperfecto a moderado, que por exceso de humedad, restringen el normal crecimiento del cultivo o las operaciones de labranza, siembra y cosecha durante un lapso significativo, asociado con suelos moderadamente afectados por salinidad y/o alcalinidad.

El régimen térmico puede caracterizarse por una temperatura media anual de 17°C y una amplitud térmica de 14°C. Las lluvias se distribuyen en un rango de 800 mm al Oeste que supera los 900 mm al Este, con una distribución estacional de tipo monzónico (Ghida Daza y Sánchez., 2009).

Caracterización de los establecimientos

El Tambo 1 se caracteriza por tener un sistema de producción a base pastoril con suplementación previa al ordeño. Cuenta con 130 vacas en ordeño, con una producción individual de 14 litros, y una producción en el establecimiento de 2000 litros diarios promedio durante todo el año.

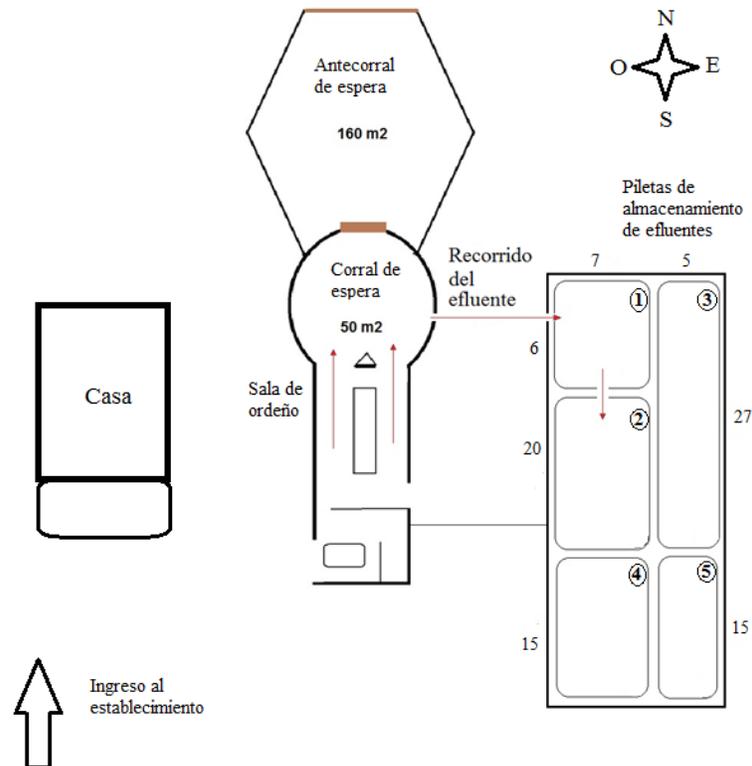
El establecimiento desarrolla sus actividades en una superficie total de 200 hectáreas divididas en 11 lotes para facilitar el manejo, las labores y la rotación agrícola-ganadera.

La base alimenticia de las vacas en ordeño está compuesta por pasturas semipermanentes de base alfalfa y anuales de avena, que son aprovechadas mediante pastoreo rotativo en franjas, respetando los períodos de utilización y descanso de acuerdo con la época del año. El resto de la dieta se completa con un suplemento compuesto por silaje de sorgo, grano de maíz y expeller de soja para obtener dietas balanceadas en energía, proteína y fibra.

El ordeño se realiza dos veces por día, el primero por la mañana a las 4 hs, y el segundo por la tarde a las 16 hs.

El Tambo 1 cuenta con las siguientes instalaciones: corral de espera y superficie cubierta de 125 m² en la que está incluida la sala de ordeño con 8 bajadas. En lo que respecta al almacenamiento de efluentes, cuenta con 5 lagunas con una capacidad de 1500 m³ con una profundidad de 2m (Croquis 1).

⁴Los suelos de clase II no tienen limitaciones, exigen prácticas de manejo y conservación simples y de fácil aplicación. Tienen aptitud para agricultura, pastura y forestación.



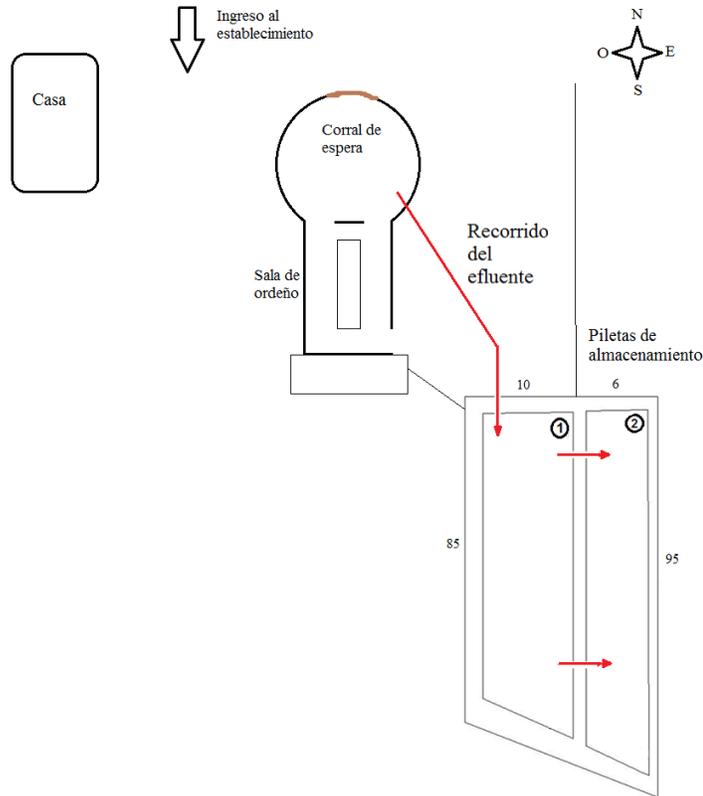
Croquis 1: Instalaciones del Tambo 1.

El Tambo 2 también presenta un sistema a base pastoril con suplementación previa al ordeño. Cuenta con 150 vacas en ordeño, con un promedio de producción diaria por vaca de 18 litros y producción diaria del tambo aproximada de 2500 litros a lo largo del año.

Ocupa una superficie de 130 has, divididas en 15 lotes.

El sistema de alimentación se corresponde con el tambo 1.

El corral de espera y la sala de ordeño poseen una superficie de 320 m², y la segunda cuenta con 10 bajadas. Para el manejo de efluentes utiliza dos lagunas de almacenamiento con una capacidad de 2000 m³, estimando una profundidad de 1.2m (Croquis 2).



Croquis 2: Instalaciones del Tambo 2.

Ambos tambos tienen un tanque de enfriamiento de 4000 litros cada uno para el acondicionamiento de la leche.

Determinaciones

Caracterización de los efluentes generados

El estiércol de los animales en explotaciones lecheras representa una fuente muy importante de macro y micro nutriente. En sistemas donde las vacas tienen dieta base pastoril, cada animal en ordeño genera (Salazar Sperberz, 2012).

Estimación de la cantidad de Efluentes líquidos y sólidos según:

$$\text{Equipo de ordeño (L.día-1)} = 2.775 \times N^{\circ} \text{ VO} + 134.4 \quad [\text{Ec. 1}]$$

$$\text{Equipo de frío (L.día-1)} = 0.0403 \times \text{Cap. Tanque (L)} + 11.153 \quad [\text{Ec. 2}]$$

$$\text{Placa de refrescado (L.día-1)} = 2.5 - 3 \text{ L agua.L-1 de leche} \quad [\text{Ec. 3}]$$

$$\text{Lavado de pisos (L.día-1)} = 10 - 30 \text{ L/VO/día} \quad [\text{Ec. 4}]$$

$$\text{Lavado de ubre (L.día-1)} = 2 - 3.5 \text{ L/VO/día} \quad [\text{Ec. 5}]$$

$$\text{Agua de lluvia (L.día-1)} = (\text{mm de lluvia} \cdot 365 - 1) \times (\text{m}^2 \text{ de techo} + \text{piso}) \quad [\text{Ec. 6}]$$

$$\text{Excretas diarias} = (\text{kg de leche} \cdot \text{día-1} \times 0.616) + 46.2 \quad [\text{Ec. 7}]$$

$$\text{Excretas diarias de MS} = (\text{kg de leche} \cdot \text{día-1} \times 0.0874) + 5.6 \quad [\text{Ec. 8}]$$

Del 8 al 10 % de la producción diaria de estiércol y orina del rodeo lechero quedan dentro de las instalaciones de ordeño (Charlón et al., 2008).

Para la determinación de la calidad del efluente se extrajeron 4 muestras en cada tambo.

En el Tambo 1 se extrajeron muestras de las lagunas 1, 2 y 3 (ver Croquis 1) ya que eran las únicas con efluentes, mientras que las dos restantes estaban vacías. La M1 fue tomada en la laguna 1, la M2 se tomó en el inicio de la laguna 2 y la M3 al final de la misma. La M4 fue tomada de la laguna 3, lugar donde solo había efluentes sólidos. Al tambo 2 se le extrajeron la M5 y M6 al inicio y al final de la laguna 1, respectivamente, y en la laguna 2 se tomó la M7 al inicio y M8 al final (ver Croquis 2). Las muestras se recolectaron en recipientes estériles de 350 ml y fueron conservadas refrigeradas a 4°C hasta su traslado al laboratorio. El tiempo de traslado no superó las 48 hs. Simultáneamente se tomaron muestras del agua de cada tambo que se identificaron como M9 la correspondiente al Tambo 1 y M10 su homónima del Tambo 2. El detalle de la identificación de las muestras y sitio de extracción se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Detalle de las muestras y lugar de extracción de las mismas según unidad de estudio (Tambo 1 y 2).

N° de muestra	Lugar de extracción
M1	Tambo 1 - Laguna 1
M2	Tambo 1 - Laguna 2 - Inicio
M3	Tambo 1 - Laguna 2 - Final
M4	Tambo 1 - Laguna 3
M5	Tambo 2 - Laguna 1 - Inicio
M6	Tambo 2 - Laguna 1 - Final
M7	Tambo 2 - Laguna 2 - Inicio
M8	Tambo 2 - Laguna 2 - Final
M9	Tambo 1 - Bombeador
M10	Tambo 2 - Bombeador

Medidas analíticas

Para conocer la calidad de los efluentes se analizaron los siguientes parámetros: pH con electrodo de vidrio en una suspensión agua-suelo 1:1 (v/v); conductividad eléctrica (CE), los valores fueron medidos sobre una suspensión suelo/agua en relación 1:1 según Richard (1954); Materia orgánica (%MS), mediante el método de Walkley y Black (Nelson y Sommers., 1996), a través del mismo método se midió Carbono (C) orgánico expresado en porcentaje de materia seca; Fósforo Bray (ppm) por espectrofotometría a 890 nm (Kuo, 1996); Potasio(mg.L^{-1}) con un espectrofotómetro de absorción atómica (Marca Varian modelo 220 A).

La calidad microbiológica de los efluentes se evaluó mediante el recuento bacteriano total a través del método de Número Más Probable (NMP) descrito en ISO 6461 (ISO, 1986); además se realizó el recuento de bacterias indicadoras de contaminación cloacal (*Escherichia coli* y coliformes fecales) a través del método NMP.

También se hicieron análisis de calidad química de agua de ambos establecimientos, calculado según FAO,(1989).Se determinó su calidad para riego a través del cálculo de los índices RAS⁵, PSI⁶ y RSC⁷.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con un software estadístico Infostat Profesional versión 2011 (Di Rienzo., 2011). Se utilizó la prueba de LSD Fisher ($p \leq 0.05$) para determinar diferencias significativas entre las muestras a partir de una tabla ANOVA.

⁵ RAS: La relación de absorción de sodio es un parámetro que refleja la posible influencia del ion sodio sobre las propiedades del suelo, ya que tiene efectos dispersantes sobre los coloides del suelo y afecta a la permeabilidad. Relaciona los contenidos de sodio, calcio y magnesio y que expresa el porcentaje de sodio de cambio en el suelo en situación de equilibrio.

⁶ PSI: El Porcentaje de sodio intercambiable expresa el porcentaje de Na^+ respecto a los demás cationes adsorbidos.

⁷ RSC: El Carbonato de Sodio Residual tiene en cuenta las concentraciones de los aniones carbonato y bicarbonato y de los cationes calcio y magnesio.

RESULTADOS

A partir de la evaluación de la cantidad de agua utilizada en cada operación durante el ordeño ([Ec.1] a la [Ec. 6]), pudo observarse que en ambos tambos las cantidades relativas utilizadas en cada operación son similares (Tabla 2). El mayor volumen de agua consumido en el tambo se debe al lavado de pisos de corrales y sala, estos valores fluctúan entre el 62.2 y 67.7% del consumo total en los tambos bajo estudio. Alrededor del 21 % del total de agua, se utiliza en el lavado de máquina de ordeño, equipo de frío y preparación de ubres. El tanque de frío se lava 1 vez al día (luego de retirada la leche). Se estimó que la producción de efluentes líquidos de cada tambo es de 3836 L.día⁻¹ y 4823 L.día⁻¹ para el Tambo 1 y el Tambo 2 respectivamente. De esto se calcula que la producción por vaca es de 29.5 litros para el Tambo 1 y 32.15 para el Tambo 2.

Tabla 2. Cantidad de efluentes líquidos generados por día en los Tambos 1 y 2, y su representación porcentual del total según su origen.

	TAMBO 1		TAMBO 2	
	Litros.día ⁻¹	%	Litros.día ⁻¹	%
Equipo de Ordeño	495	12.9	550.65	11.42
Equipo de Frio	172.35	4.49	172.35	3.57
Placa de refrescado	0	0	0	0
Lavado de pisos	2600	67.70	3000	62.20
Lavado de ubres	260	3.80	300	6.22
Agua de lluvia	274	11.11	701	16.59
Total	3836	100	4823	100
Litros.vaca⁻¹	29.5		32.15	

La cantidad de efluentes sólidos calculados a partir de las ecuaciones [Ec.7] y [Ec.8], se muestran en la Tabla 3, donde podemos observar que la producción diaria promedio de excretas por animal que queda en las instalaciones de ordeño es de 0.68 kg de MS en el Tambo 1 y en el Tambo 2 de 0.72 kg de MS. Por lo tanto cada tambo debe de manejar entre 30 y 40 toneladas de efluentes sólidos a lo largo del año.

Tabla 3. Cantidad de efluentes sólidos generados por día en el Tambo 1 y en el Tambo 2.

	TAMBO 1	TAMBO 2
Excretas diarias por animal (kg.día ⁻¹)	55.08	57.62
Excretas diarias de MS por animal (kg MS.día ⁻¹)	6.86	7.22
Excretas diarias en las instalaciones de ordeño por animal (10%) (kg MS.día ⁻¹)	0.68	0.72
TOTAL ANUAL	32550	39531

Otro de los aspectos evaluados corresponde a los análisis microbiológicos realizados. Los mismos muestran valores de bacterias mesófilas totales entre 1.84×10^6 y 1.58×10^7 y de coliformes fecales de 2.80×10^2 y 4.30×10^3 bact.100ml⁻¹, para ambos tambos analizados los cuales, son comparables a los encontrados en un efluente cloacal (Herrero., 2006). Los valores hallados de coliformes totales expresan que las muestras correspondientes a la zona más cercana a la entrada del efluente crudo (M1 y M5), contienen una cantidad de bacterias que supera los 2.40×10^5 bact.100ml⁻¹, mientras que las muestras tomadas en las zonas más alejadas al ingreso (M3 y M8) manifestaron un menor número de coliformes totales. Se evidencia la presencia de *Escherichia coli* solo al inicio del tratamiento en ambos tambos.

La calidad fisicoquímica de los efluentes de los tambos se presenta en la Tabla 4. El pH presenta un rango variable de 10.3 a 7.9, siendo los valores más alcalinos los de las fosas de decantación. La CE inicial se comporta en forma muy heterogénea, presentando valores desde 15.20 a 3.40 (dS/m). Los valores no pudieron relacionarse dado que las diferentes características de las lagunas, especialmente la profundidad y la carga orgánica, no permiten presumir los mismos procesos biológicos. En el caso de los valores hallados de fósforo total (P) y de potasio (K) ocurre una situación similar, respecto a las variaciones según los sistemas de lagunas encontradas.

Tabla 4. Características microbiológicas de las muestras de efluentes extraídas en la zona más cercana (M1 y M5) y en la más alejada (M3 y M8) al ingreso del efluente crudo en ambos tambos.

Determinaciones Muestras	Valores			
	Tambo 1		Tambo 2	
	M1	M3	M5	M8
Bacterias mesófilas totales (UFC/mL)	6.72 x 10 ⁶	8.00 x 10 ⁶	1.84 x 10 ⁶	1.58 x 10 ⁷
Coliformes totales (Bact./100mL)	>2.4 x 10 ⁵	2.40 x 10 ⁴	> 2.4 x 10 ⁵	9.30 x 10 ³
Coliformes fecales (Bact./100mL)	2.80 x 10 ²	4.30 x 10 ³	2.00 x 10 ³	4.00 x 10 ²
<i>Escherichiacoli</i> (Presencia-Ausencia/100mL)	Presencia	Ausencia	Presencia	Ausencia

Tabla 5. Valores obtenidos para los parámetros físico-químicos en los sitios evaluados.

Identificación	Tambo 1				Tambo 2			
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
<i>Materia Orgánica</i> (%)	0.07	0.13	0.33	12.09	0.15	0.07		0.06
<i>Carbono Orgánico</i> (%)	0.04	0.08	0.19	7.01	0.09	0.04		0.03
<i>P-Bray</i> (ppm)	34.50	80.50	16.50	198	1.60	13.30	0.60	0.70
<i>Potasio</i> (mg.L ⁻¹)					500		342	350
<i>pH</i>	10.3	10.2	9.7	7.9	8.3	10.3	8.7	8.8
<i>Conductividad Eléctr.</i> (dS/m)	3.40	3.80	15.20	5.40	13.50	4.30	6.40	6.60

Los índices que hacen referencia a la calidad del agua se muestran en la Tabla 5. Valores de calidad de agua (ver Anexo).

Tabla 6. Índices obtenidos a partir de los análisis de la calidad de agua de ambos tambos.

Determinaciones	Tambo 1	Tambo 2
Conductividad Eléctrica (dS/m)	2.40dS/m	7.40dS/m
pH	7.43	7.18
RAS	10.85	16.75
PSI	12.85	12.85
RSC (meq/dm³)	9.90	8.90
Clase	C4 S3 ⁸	C6 S4 ⁹
Peligro de salinización	Muy Alto	Excesivo
Peligro de Sodificación	Muy Alto	Muy Alto

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permitieron avanzar sobre la caracterización de la calidad y el manejo de efluentes de tambos y sobre la eficiencia en el funcionamiento de las lagunas como alternativa de tratamiento más frecuente en la región. Se evidencia la ausencia de estrategias que incluyan al manejo de efluentes como un componente más del sistema de producción, contemplando la sustentabilidad del mismo (García., 2001).

Según (Herrero et al., 2000) en sistemas donde las vacas tienen dieta base pastoril, cada animal en ordeño genera entre 14 y 24 litros de efluentes por día, sin considerar el agua utilizada por la placa de refrescado y el agua de lluvia. La cantidad de deyecciones que produce un vacuno

⁸ C4 -S3. Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad. Presenta también un alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo.

⁹ C6-S4. Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego. Con respecto al sodio presenta agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

por día es de 40 Kg. de bosta, y las deyecciones producidas contienen aproximadamente un 25% de materia seca con un 2.2% de nitrógeno y 0.8 % de fósforo sobre base seca. En función de los resultados obtenidos en los tambos analizados, podemos decir que se encuentran dentro de los valores mencionados por Herrero ya que el Tambo 1 produce diariamente 29.5 litros de efluente por vaca y alrededor de 55 Kg de bosta, lo que en materia seca es igual a 6.86 Kg de materia seca por día y en lo que respecta al Tambo 2 la producción de efluentes que se estimo es de 32 litros por vaca por día y 7.22 Kg de materia seca de excretas diarias. Además si tomamos lo establecido por Charlón que un 10% de la producción diaria de estiércol del rodeo lechero quedan dentro de las instalaciones de ordeño, estimamos que en el Tambo 1 se originan un total de 32550 Kg de materia seca anual, lo que se puede expresar en 716.11 Kg de nitrógeno (2.2%) y 260.41 Kg de fósforo (0.8%). En lo que respecta al Tambo 2 se estimó un total anual de 39531 Kg de materia seca, lo cual estaría dando alrededor de 869.67 Kg de nitrógeno y 316.25 Kg de fósforo.

Los volúmenes utilizados para el lavado del equipo de ordeño, al igual que los del equipo de frío, son similares a los sugeridos por la bibliografía (Cabona., 1995). Asimismo, los volúmenes de agua utilizados para el lavado de corrales y para la preparación de pezones, coinciden con los resultados hallados en los textos consultados (Aguirre., 1999).

Tabla 7. Comparación de los resultados obtenidos en los puntos finales (M3 y M8) de las lagunas analizadas con las legislaciones correspondientes.

Parámetro	Unidad	Decreto 415-99		Resolución 1089/82	
		Córdoba		Santa Fe	
		Cuerpo Superficial	Tambo 1 (M3)	Cuerpo Superficial	Tambo 2 (M8)
pH	upH	6.0 - 9.0	9.7	5.5 - 10	8.8
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1000	4300	1000	400
Coliformes Totales	NMP/100 ml	no aplica	24000	5000	9300
Fósforo	Mg.L ⁻¹	10	16.5	2	0.7

En la Tabla 7 se realizó una comparación de los resultados obtenidos en los puntos finales de las lagunas de tratamiento y los límites máximos admisibles para la descarga de efluentes líquidos a cuerpos de agua superficial descritos en la legislación vigente de cada provincia.

Podemos observar que el Tambo 1 comparado con el Decreto 415-99 muestra que para pH, coliformes fecales y fósforo excede los límites máximos. Mientras que el Tambo 2 muestra valores de pH, coliformes fecales y fosforo dentro de los valores permitidos por la Resolución 1089/82, quedando fuera de los límites máximos permitidos los valores de coliformes totales.

La determinación de las eficiencias de remoción durante el tratamiento del efluente son las indicadas en la Tabla 8. A partir de la misma y de determinar si hay o no diferencias significativas entre el inicio y el final de cada tratamiento, a través de la prueba de LSD Fisher ($p \leq 0.05$), se pudo observar que hay una amplia variabilidad de resultados, por lo tanto se analizan por separado cada establecimiento.

Tabla 8. Eficiencia de remoción al inicio y al final del tratamiento de ambos tambos.

	Lugar	MO	P	pH	CE	Bact. Mes. Total	C. Fecales	C. Totales
Tambo 1	Inicio	0.07 a	34.5 a	10.3 a	3.4 a	6720000 a	280 a	240000 a
	Final	0.33 b	16.5 b	9.7 b	15.2 b	8000000 b	4300 b	24000 b
Eficiencia de remoción		-371%	52%	6%	-347%	-19%	-1436%	90%
Tambo 2	Inicio	0.15 a	1.6 a	8.3 a	13.5 a	1840000 a	2000 a	240000 a
	Final	0.06 b	0.7 a	8.8 a	6.6 b	15800000 b	400 b	9300 b
Eficiencia de remoción		60%	56%	-6%	51%	-759%	80%	96%

**Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).*

Tambo 1: atribuimos el aumento de la MO hacia el final del tratamiento al diseño de las lagunas, lo cual provoca que los sólidos no decanten debidamente sino que se arrastren hacia la zona más alejada de la entrada del efluente. En contraparte a la bibliografía que indica que en la laguna anaeróbica el mecanismo más importante de remoción es la sedimentación (Gutierrez., 2007). La existencia de contaminación microbiológica de origen fecal se restringe a la presencia de coliformes fecales, mientras que la presencia de coliformes totales que se desarrollan a 35°C, solo indica existencia de contaminación sin asegurar su origen (Apella., 2005). Al final del tratamiento se observan mayores cantidades de bacterias mesófilas y de coliformes fecales que puede correlacionarse con la mayor cantidad de materia orgánica presente en esta zona. La CE hallada al final del tratamiento supera ampliamente los valores encontrados en las aguas subterráneas.

Tambo 2: La gran disminución de MO en la zona más alejada del efluente crudo es debido a la forma de la laguna y no por descomposición, las lagunas en este tambo son muy largas lo que promueve que en los primeros metros se produzca decantación del material sólido. La disminución de la cantidad de coliformes fecales y totales se puede deber a la menor cantidad de materia orgánica presente al final del tratamiento dificultando las condiciones para el desarrollo de las mismas. El aumento del número de bacterias mesófilas puede ser consecuencia de diversos factores que no están relacionados con la cantidad de materia orgánica presente ni con el grado de contaminación del efluente.

Cabe aclarar que el tratamiento es más eficiente en el Tambo 2 ya que la mayoría de los porcentajes de remoción en este son positivos y muestran resultados favorables con respecto al uso de este sistema. Aunque microbiológicamente los resultados indican que el tratamiento con lagunas de decantación no es adecuado para la eliminación de los compuestos contaminantes de los efluentes de tambos. La gran cantidad de coliformes fecales indica la presencia de microorganismos patógenos, por lo que estos efluentes presentan riesgo sanitario para los trabajadores.

El análisis de agua indica que ambos tambos presentan una calidad de agua que no es apta para riego, consideradas con respecto al peligro de salinidad como muy alto para el Tambo 1 y excesivo para el Tambo 2, y con respecto al peligro de sodificación como muy alto para ambos Tambos (Secretaría de Ambiente - INTA, 2008).

RECOMENDACIONES

Minimizar el consumo de agua

A la hora de plantear alternativas de tratamiento del efluente, se debe implementar pautas de manejo tendientes a generar una menor cantidad de deyecciones en los pisos de los corrales y la sala de ordeño para reducir el consumo de agua. Partiendo de las instalaciones de ordeño ya que en las mismas se recolectan sólidos y se genera un efluente formado por agua y restos de material sólido. Para tal fin, las recomendaciones se refieren a implementar el uso de Buenas Prácticas de manejo antes, durante y luego del ordeño y a considerar pautas constructivas para las instalaciones (Vieytes., 2011) (INTA., 2006).

Buenas Prácticas de manejo:

- Arrear el rodeo a su paso normal.
- Retener el rodeo entre 5-10 minutos en el callejón antes de su ingreso al corral de espera.
- Evitar presencia de animales o personas extrañas, rutinas de ordeño inadecuadas. Situaciones estresantes para el animal.
- Mojar los pisos antes del ingreso de las vacas, evitando la adhesión del estiércol a los pisos.
- Recolectar el estiércol con rabasto y pala antes del lavado con agua.
- Utilizar alta presión y bajo caudal durante la limpieza.
- Se debe pensar en un dimensionamiento de las instalaciones de ordeño considerando 1.2 – 1.4 m²/vaca en el corral de espera, para limitar el tiempo de ordeño y la permanencia de los animales a 1.30-1.45 hora/turno.
- En el cordón perimetral del corral y en el punto de descarga se debe ubicar la rejilla para evitar el paso del material muy grosero (gomas, ramas, jeringas, etc.) al decantador y/o cámara con bomba.

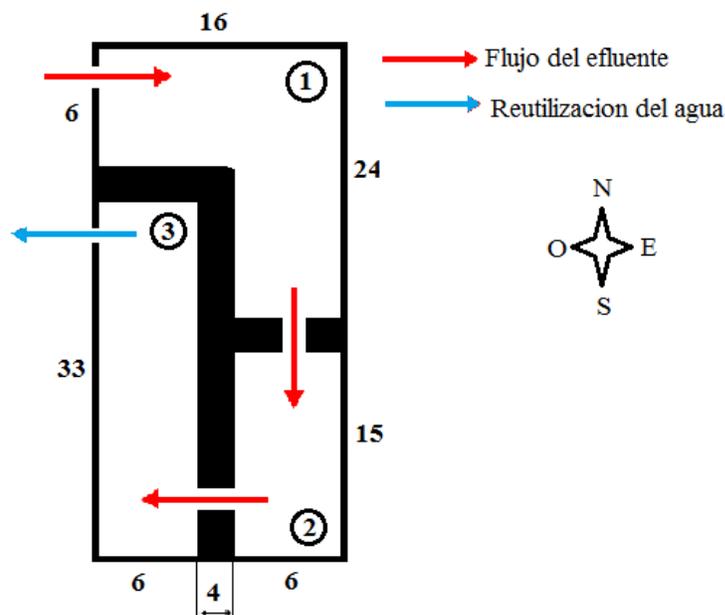
Propuesta Tambo 1

Frente a la problemática del ineficiente tratamiento del efluente generado que se está realizando actualmente en el establecimiento, y atribuyendo dicha ineficiencia al inadecuado dimensionamiento de las lagunas de estabilización, y tomando provecho de que las lagunas 3, 4 y 5 se encuentran en la actualidad vacías, se propone un redimensionamiento de las mismas, como se muestra en el Croquis 3

Se pretende a través de esta propuesta mejorar la separación entre las lagunas, la profundidad, largo y ancho para un adecuado flujo del efluente, con la finalidad de disminuir la carga orgánica y microbiológica del mismo, logrando efficientizar el sistema. La profundidad de la primera laguna deberá ser de 3 m para favorecer la anaerobiosis, mientras que para la laguna 2 y 3, la profundidad deberá ser de 1.5 m con la finalidad de promover una buena aireación y desarrollo de algas. Para la conexión entre las lagunas utilizar caños de PVC, de tipo cloacales (diámetro: 11 cm). La distancia de separación entre las mismas, debe ser de 4 m.

Para evitar la infiltración de los efluentes hacia las napas de agua subterránea, el piso de las lagunas debe ser recubierto con una capa de tierra colorada (arcilla) de unos 15 cm. Esta capa debe ser compactada.

El agua de la tercera laguna sería reutilizada para el primer lavado del corral de espera. El efluente luego de la tercera laguna es absorbido por la bomba del lavado de pisos. Si este fuera insuficiente o si se pretendiera efectuar el segundo lavado de pisos con agua limpia, se debe proceder a cortar la llave de paso que comunica a la bomba con la tercer laguna y abrir la que comunica la que comunica con el tanque de agua. Los resultados del sistema INTA Rafaela desarrollado en la EEA Rafaela del INTA demuestran que es factible recuperar alrededor del 50% de este volumen, es decir aproximadamente 14.75 litro por vaca por día. Por lo tanto, este sistema recupera como mínimo la cantidad de agua necesaria para el lavado de los pisos del corral de espera, único sector que puede ser lavado con el efluente tratado de esta manera.



Croquis 3. Redimensionamiento de las lagunas para el tratamiento del efluente.

Propuesta Tambo 2

Debido a que la calidad del agua, analizada en ambos Tambos, resulto ser salino-sódica no sería recomendable la utilización del efluente en el riego. Sin embargo, ante la opción de implementar un manejo que considere la reutilización de sus nutrientes y disminución del

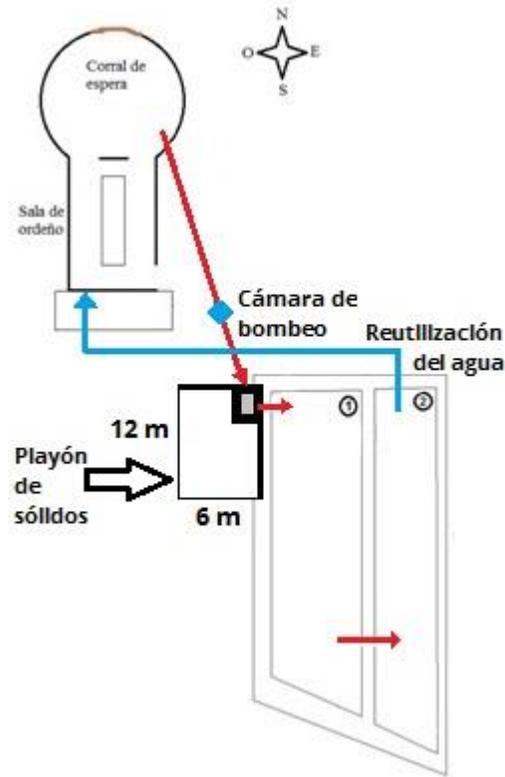
efluente almacenado se propone la incorporación de un separador de sólidos al inicio del tratamiento mediante un Tamiz estático (Figura 2), con la posibilidad de incorporarlos como fertilizantes en los lotes con mayor precisión y menores riesgos.



Figura 2.Tamiz estático.

El sistema consta de una cámara de bombeo desde donde se impulsan los efluentes del corral de espera hacia un filtro que separa los sólidos de los líquidos, los primeros se acumulan en un playón de hormigón mientras que los líquidos pasan a las lagunas. En el playón de sólidos, una vez que se acumula suficiente cantidad (aproximadamente cada un mes), la materia orgánica se mueve con la pala frontal unos pocos metros para compostar naturalmente. Se pretende lograr un “abono controlado”, analizando el resultado final para determinar el contenido de minerales y ajustar la dosis al requerimiento de los lotes (Fernández., 2012).

El playón de sólidos debería tener 12 x 6 m y 10cm de espesor, por lo que se usaran aproximadamente 7.2 metros cúbicos de hormigón armado. Allí opera el filtro, un tamiz estático de malla de acero inoxidable con una trama de 1.25mm que separa los restos gruesos de materia orgánica (mayormente bosta) y trabaja con una capacidad de 83 metros cúbicos por hora. El equipo no requiere ninguna fuente de energía propia para su funcionamiento y no posee partes móviles. El único mantenimiento que demanda es limpiar la malla de acero inoxidable con un cepillo cada 10 días (García et al., 2013).



Croquis 4. Instalaciones del tambo 2 donde se ilustra el tamiz estático y el playón de sólidos, además del recorrido de los efluentes antes y después del tratamiento.

Esta primera etapa de tratamiento físico tiene como objetivo la reducción del contenidos de sólidos en el efluente líquido, con la consecuente disminución de la carga orgánica presente (lo que mejoraría la eficiencia de tratamiento de las lagunas) y los sólidos pueden ser utilizados como enmiendas, mejorando la estructura y materia orgánica de los suelos utilizados para la producción de pasturas. Logrando de esta forma disminuir la cantidad de efluentes en las lagunas.

Profesionales del Grupo Calidad de Leche y Agroindustria del INTA Rafaela destacan las bondades nutricionales de los efluentes y el beneficio ambiental del sistema. Donde indican entre las consideraciones finales que la aplicación de este material no sólo modifica las propiedades químicas del suelo, sino que además se incorpora materia orgánica, combinando propiedades físicas.

Estudios realizados por el INTA Rafaela demostraron que el tamiz retiene alrededor del 4% del volumen total bombeado, lo cual indica que, además de sólidos también retiene una fracción de agua, y alrededor del 30% de los sólidos. Los sólidos retenidos poseen una importante cantidad de materia orgánica (más del 80%), por lo tanto, en un año y cada 100 vacas en ordeño,

es posible recuperar con la utilización del tamiz, 90.9 kg de N y 17.6 kg de P, ambos expresados en base seca.

A través de las estimaciones realizadas en nuestro trabajo, se calcularon que 39531 kg de excretas quedan en las instalaciones de ordeño anualmente, por lo que se retendrían por el tamiz aproximadamente 12000 kg de MS. Adoptando el sistema estamos transformando los residuos sólidos orgánicos en un recurso, evitando una fuente de contaminación y aprovechando su valor agronómico.

La aplicación de los efluentes del tambo en el suelo aumenta la productividad de los cultivos como se demostró en numerosos estudios (Figura 3).

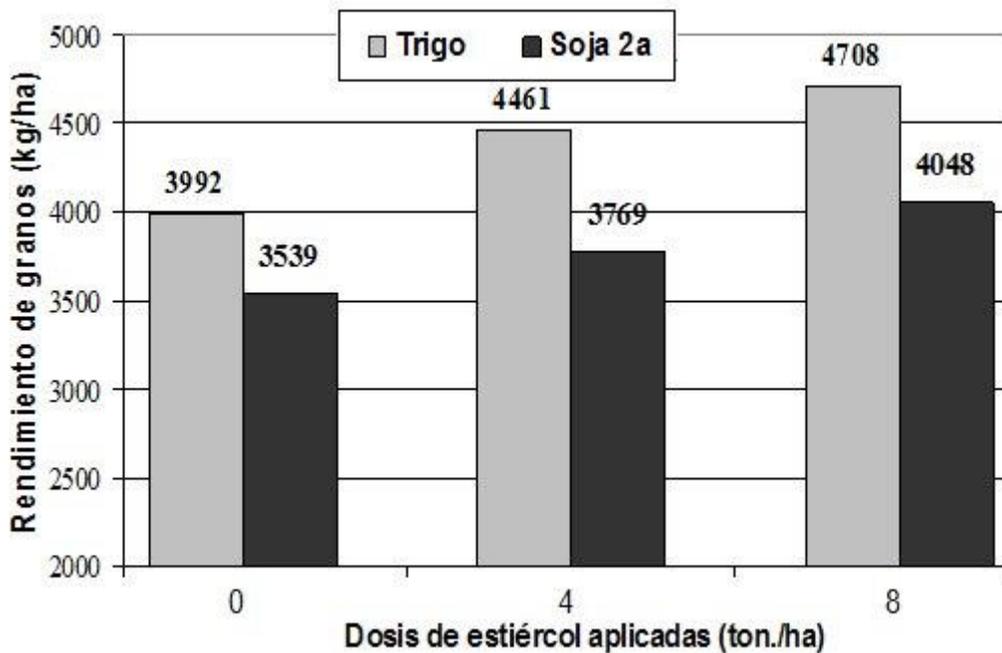


Figura 3. Rendimiento de granos de trigo y de soja de 2a (campaña 2007/08) con y sin aplicación de estiércol (Fontanetto et al. 2010).

Otra medida a incorporar sería la de reutilización del agua de la última laguna para el lavado de pisos del corral de espera, como un primer lavado y arrastre del material grueso, usando el agua del tanque para el segundo y último lavado. Como mencionamos para el Tambo 1, es factible recuperar alrededor del 50% de este volumen, es decir aproximadamente 16.07 litro por vaca por día. Por lo tanto, este sistema recupera como mínimo la cantidad de agua necesaria para

el lavado de los pisos del corral de espera, único sector que puede ser lavado con el efluente tratado de esta manera.

Evaluación de la inversión

Costos para la instalación del tamiz:

Se estima un costo aproximado para la adquisición del tamiz de: \$50000

Playón para el depósito de sólidos:

Tabla 9: Resumen de gastos para la construcción del playón para el depósito de sólidos.¹⁰

Descripción	U	Costo \$/u	Cantidad	Costo total \$
Losa maciza de hormigón armado	m3	2800	7.2	20160
Pared bloque de hormigón 20x20x40cm	m2	410	30	12300
Total				32460

Total inversión inicial: \$82460 (equivalente a 26177 L de leche)

Costo de esparcidor de sólidos:

Capacidad de carga: 6.5 Tn

Cantidad a distribuir anualmente: 12 tn

Costo del viaje: \$1000

2 viajes al año: \$2000

Cada 150 VO en ordeño se obtienen 136.35 kg de N y 26.4 kg de P.

Tabla 10: Cantidad de fertilizantes comerciales equivalente a los kg de N y P producidos en las instalaciones.

Producto Comercial	Precio unitario (\$/kg)	Kg equivalentes/año	Precio equivalente \$/año
Urea	5.16	296	1529
Fosfato diamónico	3.44	132	454
Total			1983

¹⁰Los costos estimados fueron obtenidos de la pagina web solucionesespeciales.net

La incorporación del efluente al suelo representa un aporte de 136 kg de N/año y 26 kg P/año. Estos valores equivalen a 296 kg de Urea y 132 kg de Fosfato diamónico. Con un valor promedio de 5160 pesos por tonelada de Urea, estaríamos ahorrando 1529 \$/año y si la tonelada de Fosfato diamónico tiene un valor de 3440\$/tn, se ahorrarían 1983 \$/año.

Además se prevé un aumento en los rendimientos de los cultivos en el área que se aplique el efluente.

CONCLUSIÓN

En función del trabajo realizado podemos afirmar que una de las primeras acciones a tener en cuenta en los establecimientos es reducir el volumen del efluente generado y realizar un manejo racional del agua. Pensar en una gestión de los efluentes generados en el tambo supone empezar por planificar un destino, asegurando que no se deteriore o contamine el entorno. La resolución del problema de la contaminación es un gasto para el productor y una inversión para la sociedad. Esto requiere desarrollar tecnologías y recomendaciones de manejo para evitar problemas mayores y permanentes como es el deterioro de la calidad de napas, cursos de agua y del medio ambiente en general.

La inclusión de las propuestas en los sistemas de producción estudiados, tiene como finalidad disminuir la cantidad de efluentes generados en las instalaciones de ordeño a partir de la utilización de Buenas Prácticas por parte del personal que tiene contacto diariamente con el rodeo. Además se pretende eficientizar el tratamiento de los efluentes, logrando una mejor calidad al final del mismo, lo cual permitirá disminuir el uso de agua al reutilizarla para el lavado del corral de espera.

El reciclado de nutrientes en el sistema puede lograr convertir los residuos en un producto de gran valor, pero su valor dependerá de la gestión de cada establecimiento y de las diferentes alternativas de aprovechamiento que no afecten negativamente al medio ambiente.

Si bien en la iniciativa se plantea un resultado económico con el ahorro de fertilizantes, la principal motivación es ambiental.

BIBLIOGRAFIA

1. Aguirre, G. 1999. Manejo de los efluentes de tambo, Rev. Med. Vet., 80 (5): 414-416
2. American Public Health Association (APHA). 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th edition. American Public Health Association, Washington.
3. Apella, C. M. 2005. Microbiología del agua. Conceptos Básicos. Tecnologías Solares para la Desinfección y Descontaminación del Agua, 33-50.
4. Burón Alfano, V; Questa, G; Herrero, M. A.; Orlando, A. A.; Flores, M.; Charlón, V. 2009. Potencial de reutilización de los residuos provenientes de tambos comerciales para la fertilización de recursos forrajeros. In Vet, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, v.11, n.2, dic. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-34982009000200002&lng=es&nrm=iso. [Fecha de consulta: 6 de Mayo del 2015].
5. Cabona, O. 1995. Nada se pierde, todo se transforma, Rev. Infortambo, 9 (75): 62-64
6. Castignani, H. A. 2009. Competitividad relativa de la lechería y la agricultura en la cuenca central de Santa Fe – Córdoba (Tesis de Maestría en Agronegocios) Universidad de Buenos Aires.
7. Charlón, V. T. 1999. Uso racional del agua. Rev. Producir XXI, Junio 1999: 36-3.
8. Dairying and the Environment Committee. 2006, 'Managing Dairy Farm Effluent', Dexcel, Hamilton, NZ.
9. Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C.W., 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
10. DIPAS (Dirección Provincial de Agua y Saneamiento). 1999. “Normas para la protección de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de la provincia de Córdoba – Decreto Provincial 415/99”.
11. FAO. 1989. “*Water Quality for Agriculture*” . N° 29, Rev. 1.
12. Fernández, Juan Manuel. 2012. Alternativa al estercolero. Una nueva era para los efluentes. *Campo Litoral*.

13. Fontanetto, H.; Gambaudo S.; Charlón V.; Taverna, M.; Imhoff, S.; Zen O. 2010. Manejo y utilización de los efluentes de sistemas ganaderos. Engormix. <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/manejo/articulos/manejo-utilizacion-efluentes-sistemas-t2817/124-p0.htm>
14. García, A. I. 2001. Riesgo potencial de polución del Arroyo Morales en Argentina por influencia de una producción ganadera intensiva,. Rev. Información Tecnológica 12 (3): 37 – 42.
15. García, K.; Charlon, V.; Walter E. G.; Taverna M. A. 2013. Evaluación de un tamiz estático para la separación y recuperación de sólidos de los efluentes de tambo. INTA.
16. Kuo, S. 1996. Phosphorus. In: Sparks D.L. (Ed.): Methods of Soil Analysis. Part 3. ASA, SSSA, Madison WI, pp. 869-919.
17. Gutiérrez, S. y. 2007. Criterios de diseño para lagunas de efluentes de tambos en condiciones nacionales. Montevideo, Uruguay: Revista AIDIS, vol. 1, no 2.
18. Herrero, M. A.; Gil, S. B.; Sardi. G. M.; Flores, M. C.; Carbó, L. I.; Orlando, A. A. 2006. Transferencia de nutrientes del área de pastoreo a la de ordeño, en tambos semiextensivos en Buenos Aires, Argentina. InVet, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, v. 8, n. 1, dic. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-34982006000100002&lng=es&nrm=iso. [Fecha de consulta: 6 de Mayo del 2015].
19. Herrero, M. A.; Gil, S.B. 2005. Efluentes Ganaderos, ¿Residuos o Recursos? Revista INFOVET. Año X, 79:4-8
20. Herrero, M. A.; Gil, S. B. 2008. *Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal*. Recuperado el 31 de marzo de 2015, de Ecol. austral [online] vol.18, n.3 pp. 273-289: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2008000300003
21. Herrero, M.A; Gil Sardi; Maldonado V.; Flores M.; Orlando M. et al. 2000. Distribución de la calidad del agua subterránea en sistemas de producción agropecuarios bonaerenses I: Calidad físico química y condiciones de utilización del agua. Rev. Arg. Prod. An. 20 (3-4):229-237.
22. Herrero, María A; Gil, Susana B. 2008. Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. Ecol. austral, Córdoba, v.18, n. 3, dic. Disponible en

- http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2008000300003&lng=es&nrm=iso. [Fecha de consulta: 6 de mayo del 2015].
23. INTA, E. 2006. QUÉ HACEMOS CON LOS EFLUENTES DEL TAMBO. Rafaela.
 24. Nosetti, L.; Herrero, M. A.; Pol, M.; Maldonado May, V.; Gemini, V.; Rossi, S.; Korol, S.; Flores, M. 2002. Cuantificación y caracterización de agua y efluentes en establecimientos lecheros, parte II. Calidad de efluentes y eficiencia de los procesos de tratamiento. INVET, 4 (1): 45-54
 25. Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Sodic Soils. USDA, Washington DC. 159 pp.
 26. Salazar Sperberg, F. 2012. Manual de Manejo y Utilización de purines de lechería. Chile: INIA-Consorcio Lechero.
 27. Sánchez, C., Suero, M. M., Castignani, H. A., Terán, J. C., & Marino, M. 2012. Estado actual y evolución de la lechería Argentina [2008-2011]. Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria. 43. 2012 10 09-11, 9-10-11 de octubre de 2012. Corrientes. AR.
 28. Secretaria de Ambiente - INTA. 2008. Manual de uso e interpretación de aguas. Córdoba.
 29. Soluciones especiales. <http://www.solucionesespeciales.net/Inmobiliaria/Costos.aspx> [Fecha de consulta: 19 de Mayo del 2015]
 30. Taverna, M.; Charlón, V.; Panigatti, C.; Castillo, A.; Serrano, P.; Giordano, J. 2004. Manejo de los residuos originados en las instalaciones de ordeño. (Ed.) INTA, Rafaela, Argentina. Pág. 75.
 31. Vieytes, A. L. 2011. El Manejo de efluentes en el Tambo.
 32. Viñas, M.; Gutiérrez, S. 2008. Estimación de los parámetros nacionales y básicos para el procesamiento y utilización de residuos sólidos y líquidos de tambos. FPTA, INIA, 138.
 33. Yapur, M. C. 2011. Evaluación de un sistema de riego por aspersion de efluentes de tambo. Trabajo Final. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluacion-sistema-riego-aspersion-efluentes.pdf> [Fecha de consulta: 10 de Marzo del 2015].

ANEXO

Análisis de agua

Determinaciones	Tambo 1		Tambo 2	
Residuo Seco (a 110 °C)		1889,2 mg/dm ³		5046,7 mg/dm ³
Carbonatos(CO₃)²⁻	0,00 meq/dm ³	0,0 mg/dm ³	0,00 meq/dm ³	0,0 mg/dm ³
Bicarbonatos(HCO₃⁻)	15,70 meq/dm ³	957,7 mg/dm ³	12,70 meq/dm ³	774,7 mg/dm ³
Cloruros(Cl⁻)	0,18 meq/dm ³	6,4 mg/dm ³	30,37 meq/dm ³	1078,1 mg/dm ³
Sulfatos(SO₄²⁻)	8,39 meq/dm ³	403,0 mg/dm ³	33,32 meq/dm ³	1599,2 mg/dm ³
Calcio(Ca²⁺)	3,40 meq/dm ³	68,0 mg/dm ³	9,20 meq/dm ³	184,0 mg/dm ³
Magnesio(Mg²⁺)	2,40 meq/dm ³	29,2 mg/dm ³	12,40 meq/dm ³	150,7 mg/dm ³
Sodio(Na⁺)	18,48 meq/dm ³	425,0 mg/dm ³	54,78 meq/dm ³	1260,0 mg/dm ³
Conductividad Eléctrica (dS/m)	2,40 dS/m		7,40 dS/m	
<u>pH</u>	7,43		7,18	

Colonia Tacural (Santa Fe)

DICTAMEN

RIEGO:

RAS =	16,67	PS _{leq} =	18,92	CSR =	- meq/dm ³
CLASE =	C6 S4	Peligro de Salinización: Excesivo			
RAS _{aj} * =	20,31	Peligro de Sodificación: Muy Alto			

NOTA: El presente análisis constituye una evaluación de la **aptitud agropecuaria** del agua de referencia, atendiendo a los parámetros solicitados por el remitente, no avalándose su uso para **consumo humano**. No se efectuaron medidas de nitratos ni arsénico.

Córdoba, 9 de Abril de 2015.

San Pedro (Córdoba)

DICTAMEN

RIEGO:

RAS =	10,85	PS _{leq} =	12,85	CSR =	9,90 meq/dm ³
CLASE =	C4 S3	Peligro de Salinización: Muy Alto			
RAS _{aj} * =	14,59	Peligro de Sodificación: Muy Alto (CSR)			

NOTA: El presente análisis constituye una evaluación de la **aptitud agropecuaria** del agua de referencia, atendiendo a los parámetros solicitados por el remitente, no avalándose su uso para **consumo humano**. No se efectuaron medidas de nitratos ni arsénico.

Córdoba, 9 de Abril de 2015.

* Calculado según FAO.1989. "Water Quality for Agriculture", N° 29, Rev. 1

Imágenes



Imagen 1. Casco Tambo 1.



Imagen 2. Casco Tambo 2.



Imagen 3. Laguna 1, Tambo 1.



Imagen 4. Laguna 2, Tambo 1.



Imagen 5. Laguna 3, Tambo 1.



Imagen 6. Lagunas 4 y 5, Tambo 1.



Imagen 7. Laguna 1, Tambo 2.



Imagen 8. Laguna 2, Tambo 2.