

Yapur, María Cecilia

*Evaluación de un sistema de riego por aspersión
de efluentes de tambo*

**Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria
Facultad de Ciencias Agrarias**

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central "San Benito Abad". Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Yapur, M. C. 2011. Evaluación de un sistema de riego por aspersión de efluentes de tambo [en línea]. 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:.....]

(Se recomienda indicar fecha de consulta al final de la cita. Ej: [Fecha de consulta: 19 de agosto de 2010]).

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA
ARGENTINA**

Facultad de Ciencias Agrarias

Ingeniería en Producción Agropecuaria

**“Evaluación de un sistema de riego por aspersión de
efluentes de tambo”**

**Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero en Producción Agropecuaria**

Autor: Yapur, María Cecilia

Profesor Tutor: Ing. P.A. Verónica Charlón

Fecha: 19 de Diciembre de 2011.

AGRADECIMIENTOS

- A mi tutora de tesis, Ingeniera Verónica Charlón, por haberme dedicado tanto tiempo y ayudarme en la confección de este trabajo, sin ella nada de esto sería posible.
- A la Ingeniera Alejandra Cuatrín, por su colaboración en la parte experimental y estadística de esta tesis.
- Al personal encargado del tambo biotipo, Alberto y Jorge, por ayudarme en la toma de muestras desinteresadamente.
- Al INTA Rafaela, por haber prestado sus instalaciones, materiales y personal.
- Al personal de Delaval, Dr. Marcelo Baldan que me permitió realizar esta tesis y me alentó para seguir trabajando en ella, al Ingeniero Jesús Monti, Mario Guasconi, Ingeniero Guillermo Aguirre por colaborar con su experiencia en el tema.

INDICE

	Página
• Resumen	8
• Introducción	9 - 21
• Materiales y Métodos	22 - 26
• Resultados y Discusión	27 - 39
• Conclusión	40
• Bibliografía	41 - 42
• Anexo 1	43 - 46
• Anexo 2	47 - 50

INDICE CUADROS

	Página
• Cuadro 1: Ventajas y desventajas en el uso de sistemas de lagunas	13
• Cuadro 2: Técnicas analíticas aplicadas al análisis del efluente	26
• Cuadro 3: Relación entre potencia de la bomba y funcionamiento del equipo	27
• Cuadro 4: Valores en metros tomados de la cámara de almacenamiento	30
• Cuadro 5: Valores promedios de mediciones de distancia y tiempo de funcionamiento del aspersor	31
• Cuadro 6: Datos de dirección y velocidad del viento	36
• Cuadro 7: Resultados de los análisis de muestras del efluente	38

INDICE FIGURAS

	Página
• Figura 1: Sistema de aspersion de efluentes Delaval Bosio	16
• Figura 2: Levas	17
• Figura 3: Brazo de empuje	17
• Figura 4: Carretel	18
• Figura 5: Diagrama de distribución de bandejas en el campo	24

INDICE FOTOGRAFIAS

	Página
• Foto 1: Separador de estiércol	11
• Foto 2: Cámara de almacenamiento temporario	11
• Foto 3: Laguna anaeróbica	12
• Foto 4: Laguna facultativa	13
• Foto 5: Biodigestor	14
• Foto 6: Tanque estercolero	14
• Foto 7: Distribuidor de sólidos	15
• Foto 8: Sistema de riego por aspersion Delaval Bosio	16
• Foto 9: Medición de largo y ancho de la cámara de almacenamiento	23
• Foto 10: Bandejas alrededor del carro aspersor	24
• Foto 11: Bandeja pesada sobre balanza digital	25
• Foto 12: Toma de muestras del efluente	26
• Foto 13: Medición distancia recorrida por el sistema	31

INDICE GRÁFICOS

	Páginas
• Gráfico 1: Destino de los efluentes cuando el equipo no funciona	28
• Gráfico 2: Ventajas en la implementación del sistema de efluentes	28
• Gráfico 3: Principales inconvenientes que presenta el sistema de efluentes	29
• Gráfico 4: Distribuciones promedio del efluente	32
• Gráfico 5: Distribución del efluente primer día de muestreo	33
• Gráfico 6: Distribución del efluente segundo día de muestreo	34
• Gráfico 7: Distribuciones del efluente al tercer día de muestreo	34
• Gráfico 8: Distribución del efluente al cuarto día de muestreo	35
• Gráfico 9: Distribución del efluente al quinto día de muestreo	36
• Gráfico 10: Distribución hasta los 4,5 metros de avance	37
• Gráfico 11: Distribución hasta los 10,5 metros de avance	38

RESUMEN

Según los últimos datos publicados por SENASA, a marzo de 2011, el número de unidades productivas con tambo a nivel nacional fue de 11.646 (Informe Acrea, 2011), registrándose al mismo tiempo un aumento de la cantidad de vacas por tambo, en la producción individual y por consiguiente en la producción diaria por tambo (Castignani, 2009). El incremento de la cantidad de efluentes generados por la intensificación de los sistemas lecheros es hasta ahora un problema que puede traer aparejado efectos negativos en la contaminación del medio ambiente.

Generalmente los productores ven a dichos efluentes como desperdicios derivados del proceso de ordeño, que se acumulan en fosas donde, es posible que rebalsen a cursos naturales de agua o comienzan acumularse en grandes lagunas en las proximidades de los tambos provocando malos olores y atracción de insectos.

El manejo de estos residuos es determinante no solo para reducir la transferencia de nutrientes desde la pastura hacia los corrales, sino para limitar su efecto negativo sobre el ambiente, la salud humana y animal (Taverna et al, 2004).

En siguiente trabajo experimental se realizó una descripción de los sistemas que existen en la actualidad para el manejo de los efluentes en las instalaciones lecheras. Además se hace una reseña de la legislación que existe en Argentina con respecto al uso y vertido de este tipo de efluentes.

Se realizaron encuestas para evaluar el funcionamiento del aspersor de efluentes comercializado por la empresa Delaval Bosio. Los resultados muestran una tasa de aplicación de 53,16 l/m²/día, con una uniformidad de distribución promedio de 50 %. El equipo presentó algunos inconvenientes según lo expresado por sus usuarios, tales como el tapado de cañerías y la falta de atención técnica entre otros. Sin embargo, se reconoce al sistema como una alternativa de tratamiento de los efluentes generados, que de otra manera serían arrojados deliberadamente a cunetas, fosas y proximidades de las instalaciones.

Con respecto a la calidad del efluente como abono cabe mencionar que con la tasa de aplicación expresada anteriormente los aportes de nutrientes serían de 288 kg/año de N y 114,76 kg/año de P respectivamente, representado de esta manera un ahorro para el productor en la incorporación de fertilizantes comerciales.

INTRODUCCIÓN

La producción de leche y sus derivados constituye uno de los subsistemas agroalimentarios de mayor importancia estratégica en nuestro país (Castignani, 2009). En las provincias de Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires se concentra alrededor del 96 % del total de la producción de leche argentina. La provincia de Santa Fe en particular, contribuye aproximadamente con un 30 % de la producción nacional en la última década (Castignani, 2009).

En la Argentina, la producción de leche representa una actividad donde los animales pasan la mayor parte del tiempo pastando en el campo y sólo un corto período en las salas de ordeño. Sin embargo, en los últimos años se inició un acelerado proceso de intensificación de los rodeos lecheros, aumentando el número de animales en producción y como consecuencia incrementó los niveles de efluentes generados en las instalaciones. Los residuos generados, fundamentalmente las excretas, cuando no son manejados de forma correcta, se convierten en focos de contaminación, con posibles impactos sobre la calidad del aire, suelo y agua.

Antecedentes de la temática

En este trabajo el término efluentes abarca las aguas servidas con desechos sólidos (materia fecal, restos de alimentos y barro) y líquidos (agua, orina, restos de leche y soluciones de limpieza de equipos de ordeño y tanques de refrigeración) que son emitidos como consecuencia de la actividad de ordeño (Taverna et al, 2004); que de no ser correctamente tratados son altamente contaminantes (Herrero, 2000).

A los efluentes generados los podemos clasificar de la siguiente manera:

1. Fracción sólida: Restos de heces, alimentos, barro, etc.
2. Fracción líquida:
 - a) Agua de lluvia, agua de lavado de pisos y de pezones, cuyo volumen depende de los metros cuadrados de la superficie a lavar y de la rutina de limpieza de la instalación que realiza el operario.
 - b) Leche no comercializada: calostro, leche producida por animales tratados y leche de primeros chorros.
 - c) Agua de higiene de equipos: que contienen agua, restos de detergente, desinfectantes, ya sean ácidos o alcalinos. La cantidad de agua utilizada para el lavado puede variar según las características del equipamiento.
 - d) Agua de la placa de refrescado: la cantidad que se utiliza es directamente proporcional al volumen de leche a refrescar. Se calcula que se requieren de 2-3 litros de agua por litro de leche. Por tanto, calculando que una vaca produce un promedio de 20 litros de leche, se necesitarán aproximadamente 60 litros de agua para poder refrescarla. (Charlón et al, 2008)

La cantidad de efluentes generados en cada establecimiento es variable y depende de muchos factores como por ejemplo del número de vacas en producción, el tipo de alimentación del rodeo y las prácticas de manejo realizadas. Sin embargo se puede tomar como un valor de referencia 50 Lt/VO/día (Charlón, comunicación personal).

Además se generan otros tipos de residuos de un tamaño mayor, conformado por materiales de goma (pezoneras, tubos de pulsado, mangueras, guantes, etc.), envases de plásticos y de vidrio, metales (agujas, reemplazo de equipamientos) y bolsas de polietileno. Estos desechos no son biodegradables, su cantidad es difícil de determinar y nunca deben derivarse a los sistemas de tratamiento de efluentes (Taverna et al, 2004).

El destino de los efluentes generados, es un problema en la actualidad, en la mayor parte de los establecimientos de nuestro país, incluso con efectos negativos para la contaminación del medio ambiente (Aguirre, 1998).

Se cuenta hoy en día con diversos métodos para la reutilización de estos desechos como nutrientes, sin embargo, no existe una legislación vigente que establezca que hacer con estos residuos generados por la producción lechera. Por estas razones en este trabajo de investigación se abordó los siguientes puntos:

- I. Construcciones y equipos utilizados para el manejo de efluentes. Se realizó una descripción más detallada del equipo de riego Delaval Bosio, dado que es el objeto de estudio de esta tesis.
- II. Caracterización de los efluentes generados.
- III. Marco legal en el uso de los efluentes.

I. Construcciones y equipos utilizados para el manejo de efluentes.

Al momento de seleccionar un sistema de tratamiento de efluentes para un establecimiento, se debe considerar que el mismo deberá disponer de la capacidad necesaria para tratar los volúmenes de efluentes generados por el número total de los animales.

A. Construcciones para retener y separar sólidos.

Dentro de las opciones se encuentran primeramente las construcciones utilizadas para retener y separar sólidos del efluente tales como:

- Mallas o rejillas: sirven para retener aquellos sólidos de gran tamaño como por ejemplo, piedras, papel, plásticos, gomas que puedan ser arrastrados. Los efluentes pueden ubicar en el cordón perimetral del piso del corral de espera o al ingreso de la cámara de almacenamiento.
- Piletas de sedimentación: utilizados para separar sólidos fácilmente sedimentables como la arena, altamente abrasivos y material flotante que puede contener el efluente. Se pueden ubicar contiguos a la instalación de ordeño o alejados de la misma.
- Tamices: que retienen las partículas más gruesas del efluente.
- Separador de sólidos: (Foto 1) Es un sistema diseñado específicamente para el tratamiento de grandes volúmenes de residuos generados. Dentro de las desventajas la principal es el alto costo que representa la instalación y mantenimiento de este tipo de sistemas, por lo cual es recomendado para instalaciones grandes (Montanaro, 2007). A través del mismo se separan los sólidos y líquidos del residuo al mismo tiempo. Este tipo de equipos es usado mayoritariamente en los Estados Unidos para el tratamiento de los efluentes, obteniéndose un producto de baja humedad. Las ventajas de este tipo de sistemas son, diseño compacto y de alta durabilidad.



Foto 1: Separador de estiércol. Fuente: Roberto Montanaro, 2007.

B. Construcciones para el almacenamiento de efluentes.

Luego el efluente deberá ser almacenado en forma temporaria o permanente. En cuanto al traslado de los efluentes desde el lugar donde se generan al sistema elegido, dependerá de la concentración de materia seca y la pendiente del terreno donde se encuentre la instalación de ordeño, de cuál será la forma más apropiada de transportarlos al sitio de deposición final, pudiendo ser por pendiente natural o utilizando una bomba estercolera.

- Almacenamiento temporario.

Existen construcciones para el almacenamiento temporario de los efluentes; este tipo de depósitos deben estar contruidos de materiales resistentes e impermeables. Dentro de los sistemas de almacenamiento temporario se pueden encontrar cámaras (Foto 2) donde el efluente se almacena por poco tiempo y luego es conducido a un sistema de almacenamiento permanente (lagunas) o directamente al terreno, esto se puede realizar con un sistema de riego directo conectado por medio de una bomba estercolera o utilizando un tanque distribuidor de efluentes que toma el material directamente de la cámara.



Foto 2: Cámara de almacenamiento temporario.

- Almacenamiento permanente.

b.1. Lagunas de almacenamiento y tratamiento.

El sistema característico para el almacenamiento de los efluentes son las lagunas. El sistema puede consistir en dos o más lagunas donde los efluentes sufren una degradación biológica llevada a cabo por diferentes tipos de microorganismos. El efluente contiene bacterias provenientes del estiércol que bajo ciertas condiciones que las favorecen utilizan la materia orgánica para crecer y multiplicarse (Taverna et al, 2004).

Las lagunas se diseñan para remover la materia orgánica disuelta, medida a través de un parámetro que se denomina Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5) que indica la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un período de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20 °C (Calderón, 2007).

Laguna aeróbica.

- Se produce la degradación de la materia orgánica del efluente. Este proceso genera dióxido de carbono que promueve el crecimiento de algas, que por medio de la fotosíntesis generan oxígeno, el cual será utilizado por las bacterias aeróbicas que degradan la materia orgánica.

Laguna anaeróbica (Foto 3).

- A partir de los 0,6 m de profundidad las algas mueren por falta de luz y comienzan a intervenir las bacterias anaeróbicas produciendo ácidos, aldehídos, alcoholes y cetonas que luego son degradados a metano, anhídrido carbónico y agua. La laguna anaeróbica presenta un color oscuro con intenso burbujeo en superficie. Generalmente se producen olores desagradables.



Foto 3: Laguna anaeróbica. Fuente: Estación Experimental INTA Rafaela

Laguna facultativa (Foto 4).

- Estas lagunas poseen una zona aeróbica y otra anaeróbica. La degradación es llevada a cabo por microorganismos aeróbicos en la superficie y anaeróbicos en la profundidad. La laguna facultativa permanece verde por el desarrollo de algas en la superficie (Taverna et al, 2004).



Foto 4: Laguna facultativa. Fuente: Estación Experimental INTA Rafaela.

En el cuadro 1 se describen las ventajas y desventajas en el uso de este tipo de sistema de almacenamiento de efluentes (Taverna et al, 2004).

Cuadro 1: Ventajas y desventajas en el uso de sistemas de lagunas

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>La degradación provoca que el producto final sea menos contaminante.</p> <p>Se controlan ciertos agentes patógenos.</p> <p>No se eliminan los efluentes fuera del establecimiento.</p> <p>Se aprovechan los efluentes generados como nutrientes para los cultivos.</p>	<p>Requiere superficie destinada a este fin.</p> <p>Puede generar malos olores.</p> <p>Mayor presencia de insectos y roedores.</p> <p>Se pueden contaminar aguas subterráneas.</p> <p>Se requiere mantenimiento.</p> <p>Factor de riesgo de accidentes.</p>

b.2. Biodigestores.

Su difusión fue mayor cuando se comenzó a formular la idea de conseguir energías alternativas en remplazo del uso del petróleo, los biodigestores están entre las formas más importantes de producir energía económica.

Un biodigestor (Foto 5) es un contenedor cerrado, hermético e impermeable en el cual se deposita una determinada solución para que se descomponga, la fermentación de la materia orgánica en ausencia del oxígeno (fermentación anaeróbica) a cargo de las bacterias presentes en el estiércol, dan como resultado la producción de una mezcla de gases (Biogas), entre ellos el metano, y de un residuo orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio (Hilbert, 2006).

El biogas puede ser utilizado como combustible en las instalaciones en motores generadores de energía eléctrica. Los residuos orgánicos generados o biosólidos son un fertilizante natural, que aplicado al suelo mejora el rendimiento de los cultivos. Además es una de las formas de reducir en un 4 % las emisiones de gases promotores del efecto invernadero y por tanto impactar directamente en el calentamiento global (Hilbert, 2006).

Las ventajas de este sistema son, la reducción de la producción de olores, un proceso de degradación más eficiente y controlado, y el producto obtenido

contiene una mayor cantidad de nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) útiles para los cultivos (Hilbert, 2006).

La desventaja es que son estructuras relativamente costosas.



Foto 5: Biodigestor.

C. Equipos para la distribución del efluente.

Una vez almacenados los efluentes, se deberá encontrar un destino para ellos y por tanto la manera correcta de distribuirlos. Cabe la aclaración que los sistemas como los tanques estercoleros se utilizan para la distribución de un efluente con menos del 20 % de sólidos, mientras que el distribuidor de sólidos se maneja con residuos de mayor cantidad de materia seca, por esto es importante conocer la densidad del efluente generado antes de elegir un sistema de distribución.

Existen diferentes formas de realizar la aplicación de los efluentes al campo, las mismas serán mencionadas a continuación:

- **Tanques estercoleros**

Los tanques estercoleros (Foto 6) más comunes son llenados por succión a través de una manguera que toma los residuos desde el lugar de almacenamiento y descargan por gravedad o presión siendo su distribución generalmente en forma de abanico.

También existen equipos que pueden inyectar el efluente directamente en el suelo, los cuales fueron diseñados para reducir las pérdidas de nitrógeno por volatilización (Taverna et al, 2004).



Foto 6: Tanque estercolero.

- Distribuidor de sólidos.

Son carros o remolques, que pueden tener piso móvil o estar provisto de un sinfín, que traslada el material sólido hacia la parte posterior para esparcirlos en el campo (Foto 7).



Foto 7: Distribuidor de sólidos

- Equipos de riego por aspersión Delaval Bosio.

Se realiza una descripción más detallada de este sistema, ya que este trabajo se centra en el estudio de su funcionamiento, la aplicación y distribución que realiza del efluente generado.

Según estudios realizados, solo es aconsejable el uso de este tipo de sistemas cuando se trabaja con diluciones sólidas por debajo del 5 % (Pittamiglio, 1999).

El agua mezclada con el estiércol y restos de materiales (restos de alimentos, barro, etc.) es expulsada desde la fosa de recolección por medio de la bomba a una presión, de entre 100 kpa y 200 kpa, hacia el carro aspersor por medio de mangueras que pueden ser de 500 a 1500 metros de largo desde la cámara de sedimentación (Figura 1).

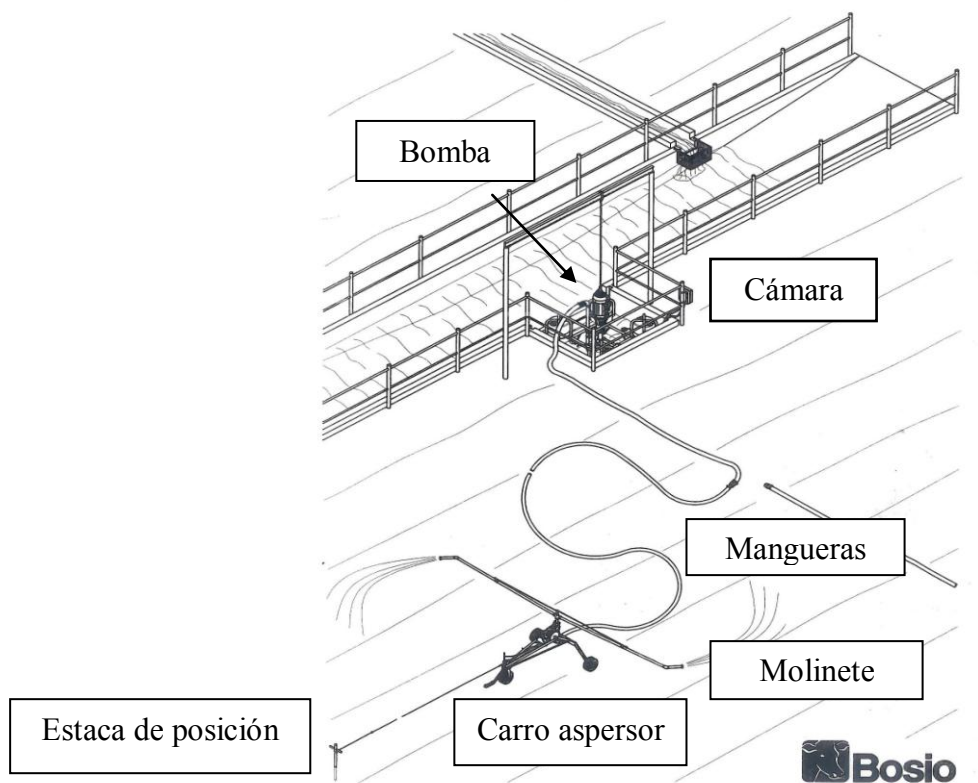


Figura 1: Sistema de aspersión de efluentes Delaval Bosio. Fuente: Manual carro aspersor Delaval Bosio, 1998.

La manguera entra al carro (Foto 8) por la parte trasera, llegando el efluente hasta los brazos de aspersión del molinete los que empiezan a girar en sentido horario por la presión que trae el líquido. Estos al girar hacen mover dos levas (Figura 2) las que accionan un brazo de empuje.



Foto 8: Sistema de riego de efluentes DeLaval Bosio.

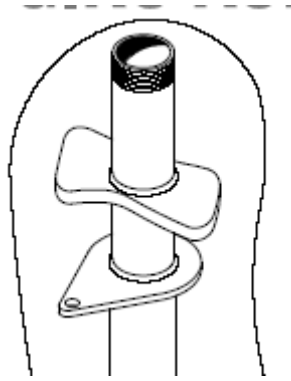


Figura 2: Levas. Fuente: Manual carro aspersor Delaval Bosio, 1998.

El brazo de empuje (Figura 3) trabaja sobre una rueda dentada que forma parte del carretel en el cual se va enrollando el cable de acero, haciendo adelantar de esta manera el carro.

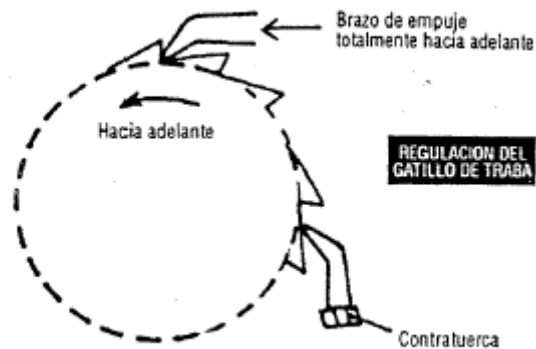


Figura 3: Brazo de empuje. Fuente: Manual carro aspersor Delaval Bosio, 1998.

Cuando el carro va terminando el recorrido un sistema de zafe hace que el cable de acero deje de enrollarse en el carretel y de esta manera el carro deja de moverse hacia adelante, teniendo el operario que posicionarlo en un nuevo punto de inicio. Para posicionar el carro y que funcione, se debe transportar el mismo con el tractor hasta el inicio de una franja o lote; se debe desenrollar el cable del carretel (Figura 4) y atar el extremo de este a un punto fijo, donde ubicaremos la estaca de posición.

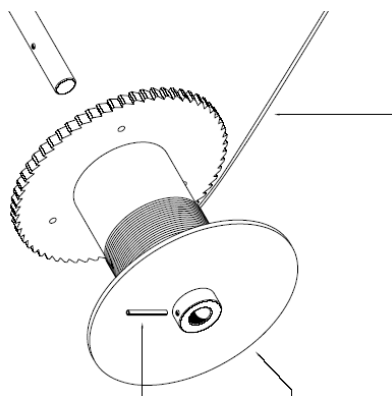


Figura 4: Carretel. Fuente: Manual carro aspersor Delaval Bosio, 1998.

Para la utilización de este sistema debemos tener en cuenta algunas pautas:

- Los efluentes no deben salir del establecimiento, para no afectar terrenos vecinos.
- La aplicación debe realizarse en terrenos altos, por los menos a 50 metros de cursos de agua y pozos.
- La aplicación continua sobre una misma área provoca cierre de los poros del suelo reduciendo la infiltración (Aguirre, 1998).

La ventaja de este tipo de sistemas, es que pueden distribuirse importantes volúmenes de efluentes en un corto período de tiempo, eliminando la acumulación de residuos en las inmediaciones del tambo.

Las desventajas son las siguientes: no se debe aplicar el efluente en suelos húmedos o que presenten mal drenaje ya que existe la posibilidad de encharcado, los aspersores pueden obstruirse y existen pérdidas de nutriente por volatilización (Aguirre, 1998). El equipo requiere de una supervisión diaria y se riega con efluente crudo.

II. 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 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 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 (Herrero et al, 2000).

La cantidad de heces que queda en una instalación de ordeño depende de varios factores, tales como tiempo de permanencia de las vacas dentro de los corrales y la superficie asignada por animal en el corral de espera, las condiciones de bienestar animal del rodeo. En general, se puede decir que entre el 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).

Finalizado el ordeño, es necesario lavar además del equipamiento de ordeño, el piso de la sala y el corral de espera que suelen quedar sucios con diferentes materiales, como leche, estiércol, orina, agua, alimento, etc. Una vez finalizada la rutina de limpieza, el operario limpia la instalación con una manguera con presión, arrastrando los sólidos hacia una canaleta que conduce a la cámara donde se encuentra la bomba estercolera o por gravedad hasta el sector de almacenamiento.

La cantidad de nutrientes que tenga el efluente en cuestión es variable, por lo cual se debe realizar un análisis para poder determinarlos. Sin embargo, para tener solamente una referencia del aporte de nutrientes que realiza un efluente, existe un estudio desarrollado en Nueva Zelanda (Dexcel, 2005), donde en un tambo que ordeña 100 vacas, el efluente generado por las mismas se aplican a 4 hectáreas y aportan por año:

- 150 Kg/ha de nitrógeno
- 17 Kg/ha de fósforo.
- 135 Kg/ha de potasio
- 20 Kg/ha de azufre.
- Magnesio y calcio en proporciones variables.

El nitrógeno se encuentra menos disponible en el efluente que en los fertilizantes comerciales (entre un 50 % a un 80 %) porque se encuentran en un complejo con la materia orgánica y además se producen algunas pérdidas por volatilización cuando se esparce y se seca al sol. El fósforo se encuentra disponible en un 50 %, y potasio en cantidades variables (Aguirre, 1998).

Una de las mayores ventajas de este tipo de residuos, es la cantidad de materia orgánica que aporta, que aplicados al suelo mejora la estructura, la infiltración, la retención de agua y estimulan la actividad biológica. Es por esto, que los suelos más pobres reaccionaran mejor a la aplicación de los efluentes mejorando sus características primitivas (Herrero et al, 2000).

Esto determina que, al utilizar los efluentes como fuente de nutrientes no sólo reduce el impacto ambiental que puede provocar la actividad lechera, sino también se establece un ahorro en la aplicación de fertilizantes comerciales.

La aplicación de este sub- producto puede realizarse de forma directa al suelo por aspersión fija o móvil, tanques o carros estercoleros. Cuando se utilizan este tipo de sistemas se debe considerar que tanto el agua como los nutrientes del efluente serán absorbidos por el suelo y las plantas, por tanto si es aplicado en altas dosis podemos provocar una contaminación de los cursos de agua o las napas. Existen algunos inconvenientes cuando se supera los niveles de saturación de la superficie regada con el efluente, como ser la salinización paulatina del agua y afecciones en la salud de los animales que pastorean los suelos que fueron regados (Aguirre, 1998).

En la mayoría de los países Europeos las recomendaciones de dosis de aplicación de efluentes están basadas en el aporte de nitrógeno total/ha por año. Por ejemplo, en el Reino Unido señala que la dosis no debe exceder los 250 kg de nitrógeno/ha/año, siendo aun más restrictiva en algunas aéreas inundables donde no debe exceder los 170 kg de nitrógeno/ha/año (Herrero, 2008).

En algunos casos puede existir la presencia de *Salmonella* en terneros y vacas que pastorean continuamente los potreros que fueron regados, aunque los estudios han demostrado que este aspecto no es de grave incidencia ya que la mayoría de estas bacterias (90%) mueren en las primeras semanas de almacenamiento (Aguirre, 1998).

En cuanto al momento de aplicación de los efluentes, deben realizarse cuando los cultivos y praderas estén en activo crecimiento donde las demandas de nutrientes son más altas, indiferentemente de la época del año en la que se realiza (Pain, 2000).

Para evitar en el tambo los problemas que puedan generarse por una inadecuada utilización de los efluentes, debemos llevar a delante una serie de buenas prácticas de manejo, y planificar un sistema de tratamiento de los efluentes generados.

III. Marco legal en el uso de los efluentes.

En los últimos años las presiones por el cumplimiento de normativas internacionales y de exigencias comerciales en materia ambiental han aumentado considerablemente, con la finalidad de mejora la calidad de vida de las personas, sin deteriorar el ambiente, promoviendo la salud y el bienestar animal, y garantizando calidad e inocuidad en los alimentos producidos.

En nuestro país los efluentes son considerados como residuos, presentan olores desagradables, y si no son manejados adecuadamente terminan por descargarse en algún cuerpo de agua cercano pudiendo deteriorar la calidad de la misma.

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 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 vertimiento de líquidos residuales, por ejemplo, en la provincia de Santa Fe la Resolución N° 1089, establece requisitos para el vertido de efluentes a un cuerpo receptor, alguno de ellos son:

- pH entre 5,5 - 10.
- DBO menor a 50 mg/l
- DQO menor a 75 mg/l.

Y en la provincia de Buenos Aires existe una resolución AGOSBA 389/98, donde se establece:

- pH entre 6,5 – 10.
- DBO menor a 250 mg/1O₂
- DQO menor a 50 mg/1O₂

Según un estudio realizado Charlón (2008), en 49 tambos de la cuenca lechera central, los promedios de demanda biológica y química de oxígeno indican que los efluentes son potencialmente más contaminantes que los residuos domésticos en relación a la cantidad de animales sobre la población nacional. El valor de

demanda biológica de oxígeno requerido para verter los efluentes en aguas de dominio público es de 50 mg de O₂/l, y este nivel fue superado por todos los análisis realizados.

Por otro lado, Herrero (2002) caracterizó la calidad de los efluentes en 9 establecimientos de las cuencas lecheras de la provincia de Buenos Aires, llegando a la conclusión que ninguna de ellas cumplía con los valores establecidos por la Resolución AGOSBA N° 389/98, llegando a ser el promedio valores cercanos a 640 mg O₂/l (Herrero et al, 2002).

El Código Alimentario Argentino en el Capítulo II, “Condiciones Generales de los Tambos”, establece en los artículos 43 y 59 que de no existir un estercolero correctamente construido y con cierre hermético aprobado para su utilización por una autoridad competente, será obligatoria la extracción diaria del estiércol y demás residuos, trasladándolos a una distancia mayor de 50 metros de la sala de ordeño, además de tomar las medidas necesarias para evitar la propagación de moscas.

Objetivos del trabajo experimental

- Evaluar aspectos operativos del sistema de riego continuo por aspersión de efluentes.
- Determinar el patrón de distribución y la uniformidad de la aplicación del efluente al suelo.
- Determinar la cantidad promedio de nutrientes que aporta la aplicación del efluente al suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la primera etapa del trabajo experimental se evaluaron los aspectos operativos del sistema de aspersión de efluentes DeLaval Bosio. La finalidad fue conocer el funcionamiento de los equipos, contactando a través de los distribuidores zonales de la firma en Argentina, los establecimientos que habían adquirido el equipo. A estos productores se los entrevistó telefónicamente realizándoles una encuesta.

En la segunda etapa se evaluó el funcionamiento del equipo.

a) Encuestas

La encuesta es un sistema de búsqueda de información con una gran diversidad de objetivos. Se puede identificar con una medición masiva de la opinión pública sobre un tema determinado (Rojas Tejedas y otros, 1998).

En este caso particular se utiliza esta herramienta para poder evaluar las características del equipo y las opiniones de los productores que adquirieron el sistema esparcidor de efluentes desarrollado por la empresa DeLaval Bosio.

En términos generales, la encuesta se dividió básicamente en 4 partes:

- Caracterización del establecimiento y del equipo adquirido.
- Manejo del equipo y sus características técnicas.
- Ventajas de la implementación del sistema.
- Principales problemas que presenta el equipo.

El análisis de los resultados se llevó a cabo de forma objetiva, determinando solo valores porcentuales para cada respuesta.

La encuesta realizada se adjunta en el Anexo 1.

b) Evaluación del sistema de riego por aspersión de los efluentes del tambo DeLaval Bosio.

Se evaluó el sistema instalado en la Estación Experimental Rafaela del INTA. (Foto 8). El sistema está formado por una cámara que contiene una bomba estercolera de 10 HP, con un caño de 3 pulgadas. Se seleccionó los lotes a disponer el equipo según el largo de la cañería existente, el tipo de suelo y el cultivo implantado.

Para realizar la cuantificación se llevó a cabo los pasos publicados en Waste Management en el año 1995 (Livestock Waste Systems, 1995), que se desarrollan a continuación:

- i. Medición del área de almacenamiento del efluente y su altura antes de comenzar el riego en la superficie establecida, desde el borde interno de la cámara. A partir de estas mediciones se puede calcular el volumen de la cámara:

$$\text{Volumen de la cámara de almacenamiento (l)} = \text{longitud} \times \text{ancho} \times \text{alto}$$

- ii. Se tomó nota de la ubicación del sistema antes que comience el riego y se lo marcó con una estaca. Al mismo tiempo el nivel de líquido que contiene la cámara. A este valor se lo denomina N1 (nivel máximo de llenado de la cámara de almacenamiento).

- iii. Se encendió la bomba y el carro comenzó a avanzar. Una vez que el carro aspersor dejó de funcionar, se anotó el nivel del efluente que se denominó N2 (nivel de efluente obtenido luego del riego).
- iv. Se midió la distancia recorrida por el aspersor en el momento de la aplicación.
- v. Con estos valores se aplicó la fórmula para el cálculo de la tasa de aplicación.

<p>Tasa de aplicación (l/m²): $\frac{N1 (l) - N2 (l)}{\text{Superficie regada (m}^2\text{)}}$</p>

Para obtener valores confiables se realizó ocho mediciones de los volúmenes mencionados como se muestra en la foto 9.



Foto 9: Medición largo y ancho de la cámara de almacenamiento.

Al aplicar sustancias residuales que contienen nutrientes es importante también determinar la uniformidad de aplicación, esto evitará la saturación de la superficie minimizando las pérdidas de nutrientes hacia las aguas subterráneas y la pérdida de plantas por encharcamiento de la superficie regada.

Para evaluar los patrones de distribución del equipo se utilizó una metodología denominada “Método Trampa” (Junta de Andalucía, 2008), para lo cual se dispuso de 48 bandejas plásticas de un tamaño de 26 cm x 20 cm numeradas y previamente pesadas, que se distribuyeron uniformemente alrededor del equipo. Cada columna de bandejas estuvo separada por un metro y medio de distancia entre ellas, y cada una de las bandeja de una misma fila estuvieron separadas por tres metros de distancia y a un metro y medio en forma diagonal según se muestra en la figura 5.

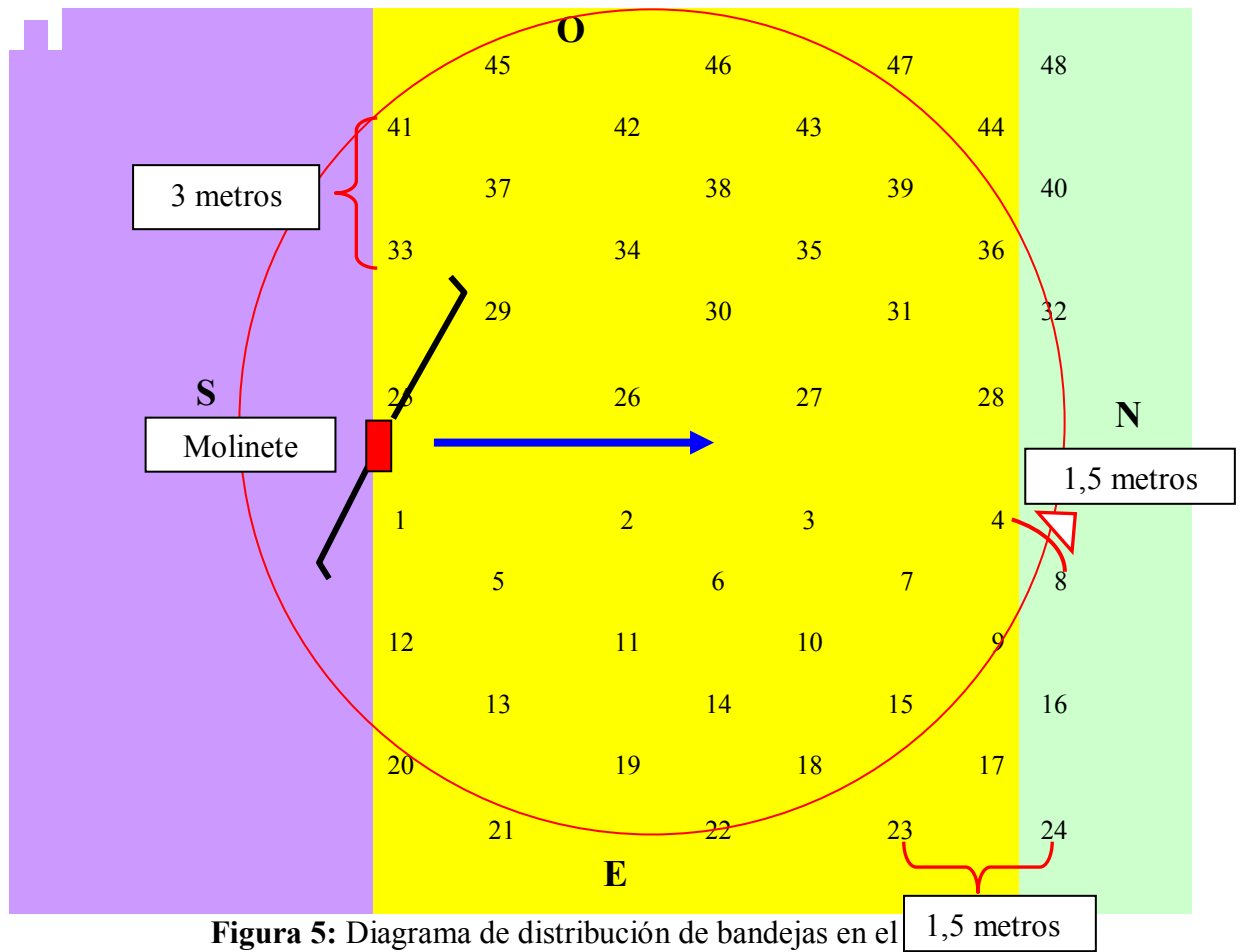


Figura 5: Diagrama de distribución de bandejas en el sistema.

Después de colocar las bandejas alrededor del sistema se encendió la bomba y el carro aspersor comenzó a funcionar (Foto 10).



Foto 10: Bandejas alrededor del carro aspersor.

Una vez que el equipo se detuvo, se pesó el contenido de cada bandeja, repitiéndose este procedimiento 5 días para determinar con rigor estadístico la tasa de aplicación media y la uniformidad del riego (Foto 11).



Foto 11: Bandeja pesada sobre balanza digital.

Con los volúmenes recogidos de las bandejas se calculó:

1. La media de todos los volúmenes medidos en cada una de las bandejas plásticas numeradas (Bm).
2. La media de los volúmenes medidos en la cuarta parte de las bandejas plásticas en las cuales se ha recogido menos material (B25%).
3. La uniformidad de distribución en la zona evaluada (UD) se obtuvo utilizando la siguiente fórmula:

$$UD (\%) = 100 \times \frac{B (25 \%)}{Bm}$$

Hay que tener en cuenta además que en el riego por aspersión existen dos factores que afectan negativamente a la aplicación de los efluentes sobre el suelo, que son la evaporación de las gotas de agua y el arrastre de las gotas por efecto del viento.

En este trabajo se evaluó la intensidad y la dirección de los vientos de los días en los que se realizaron las pruebas, para verificar si tuvieron alguna incidencia en la uniformidad de distribución del efluente.

Además se tomó una muestra de efluente representativa de la cámara de almacenamiento, dicha muestra se conservó en una botella plástica rotulada con fecha y nombre del establecimiento (Foto 12) y se remitió al laboratorio de Producción Animal de la Estación Experimental INTA Rafaela para evaluar su calidad. Se determinó:

- Materia seca (MS)
- Materia orgánica (MO)
- Nitrógeno
- Fósforo



Foto 12: Toma de muestra del efluente.

Las técnicas analítica utilizada para determinar estos valores se presenta en el cuadro 2:

Cuadro 2: Técnicas analíticas aplicadas al análisis del efluente.

Determinación	Metodología Analítica
pH	Peachimetro marca Orión
Sólidos totales (MS) (g/100g)	Evaporación y secado en estufa a 105° (Método normalizados 2540 B)
Materia orgánica (%MS)	Incineración durante 1 hora a 550° (según AOAC)
Nitrógeno total (mg/l)	Método de Kjeldhal (Métodos Normalizados 4500)
Fósforo total (mg/l)	Colorimetría

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Resultados encuestas a clientes que utilizan el sistema de aspersión de efluentes Delaval Bosio.

En diciembre de 2008 se contacto vía e-mail y por teléfono a cada uno de los distribuidores zonales de la firma DeLaval Bosio. Luego, se realizaron las llamadas telefónicas a los 16 clientes identificados para completar las encuestas programadas, uno de ellos no respondió el llamado, por tanto la encuesta no fue realizada.

Sobre un total de 15 encuestas contestadas, al preguntar el año de adquisición del equipo los resultados muestran que, en el 2008 se adquirieron 5 equipos, es decir un 31 % del total, siendo el año de mayor compra de sistema de manejo de efluentes. En el año 2000, se adquirieron 3 equipos (25%) y en el año 2006 se instalaron 3 equipos (19 %). Dos de los equipos se adquirieron en el período 2002-2003, uno en el año 1999 y uno en el 2007.

De la totalidad de los equipos, 9 funcionan correctamente (60 %), de los cuales 4 sistemas fueron adquiridos en el 2008, dos en el año 2000 y el resto en los años 2002,2003 y 2006. Los equipos se utilizan luego de los dos ordeños diarios y tienen un largo de tubería de 500 metros.

Con respecto a los HP de la bomba utilizada, 6 de los equipos poseen bombas de 10 HP de potencia y 6 de 15 HP y solo 3 de ellos trabaja actualmente con una bomba de 5 HP.

Cuadro 3: Relación entre la potencia de las bombas y el funcionamiento del equipo.

Potencia (HP)	En funcionamiento	No funciona
5	1	2
10	5	1
15	3	3

Se observa en el cuadro 3, que los equipos que funcionan son en su mayoría aquellos que poseen bombas de 10 HP y 15 HP de potencia. Hay solamente un equipo con una bomba de 5 HP que funciona correctamente y esto se debe a que el carro aspersor no se desplaza por sí mismo, sino que permanece fijo en un punto determinado por el operario.

Con respecto a los 6 equipos que no se encuentran en funcionamiento se debe a la falta de atención técnica y a la dificultad de encontrar repuestos cuando el equipo se rompió. Los sistemas fueron instalados con un largo de tubería expresado por sus propietarios de 500 metros.

Las cámaras construidas en los 9 equipos que se encuentran funcionando fueron diseñadas y construidas según los criterios de los vendedores zonales del equipo, distribuidos en las zonas de provincia de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe.

Los sistemas en funcionamiento se utilizan para regar verdeos o pasturas degradadas de más de 3 años.

Los encuestados manifestaron que no utilizan en ningún caso otros sistemas de manejo de efluentes en su establecimiento, por tanto si el sistema por alguna causa deja de funcionar los residuos son arrojados en cunetas, canales, fosas, lagunas o directamente alrededor de la instalación. El en el grafico 1, se representa el destino final de los efluentes cuando no son esparcidos al campo por el sistema.

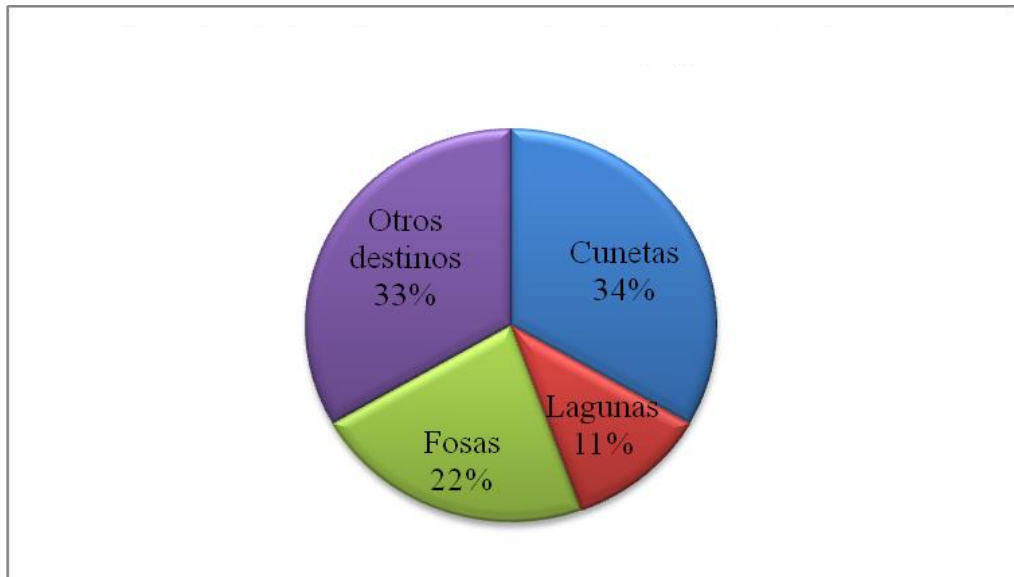


Gráfico 1: Destino de los efluentes cuando el equipo no funciona.

Cuando se refiere en el gráfico a otros destinos (33 %), los clientes manifestaron que los efluentes son arrojados a un espejo de agua natural cercano al tambo o directamente desbordan y quedan en las proximidades del establecimiento.

Por otra parte, los productores también expresaron las ventajas encontradas en la implementación del sistema que se pueden observar en el siguiente gráfico 2:

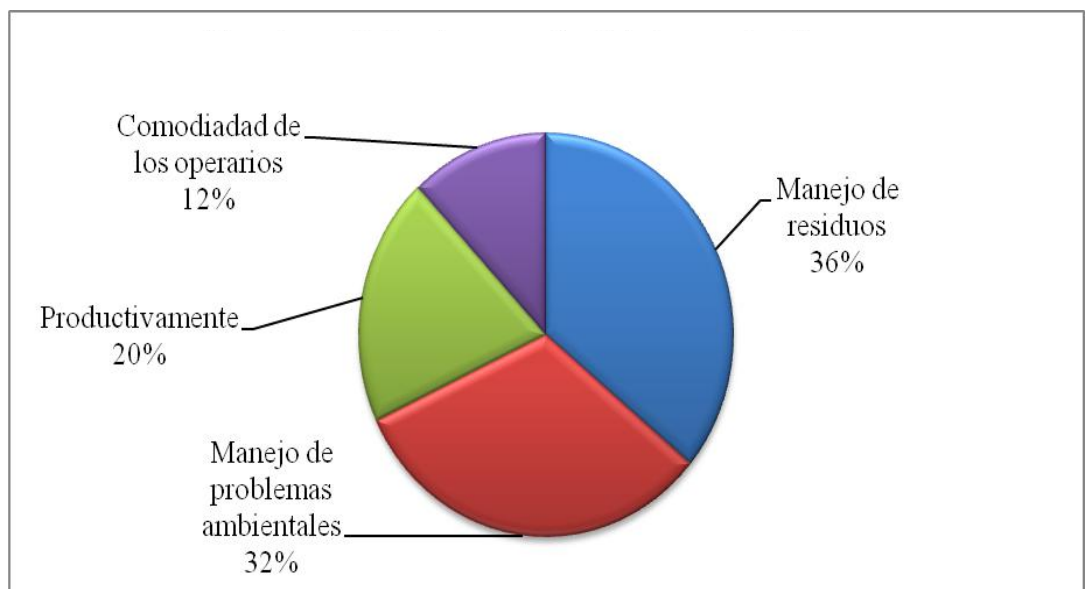


Gráfico 2: Ventajas de la implementación del Sistema de Efluentes

Cuando se les preguntó sobre las ventajas que veían en el sistema, la mayoría de los encuestados encuentran en el sistema una forma de mejorar el medio ambiente que rodea el establecimiento (32 %), especialmente realizando un control de los insectos y evitando los malos olores que provoca un mal manejo de los efluentes y además expresaron que es una forma práctica de establecer un manejo de los residuos (36 %) (Gráfico 2).

El 20 % reconoce que dichos efluentes aplicados al suelo como abono pueden representar un incremento en la productividad de los cultivos, y el 12 % expresa que los operarios se encuentran cómodos utilizando el sistema.

Aquellos productores que manifestaban que el sistema no funcionaba se les preguntó sobre los principales inconvenientes que presentaba el equipo de efluentes en su establecimiento, los resultados se exponen en el gráfico 3.

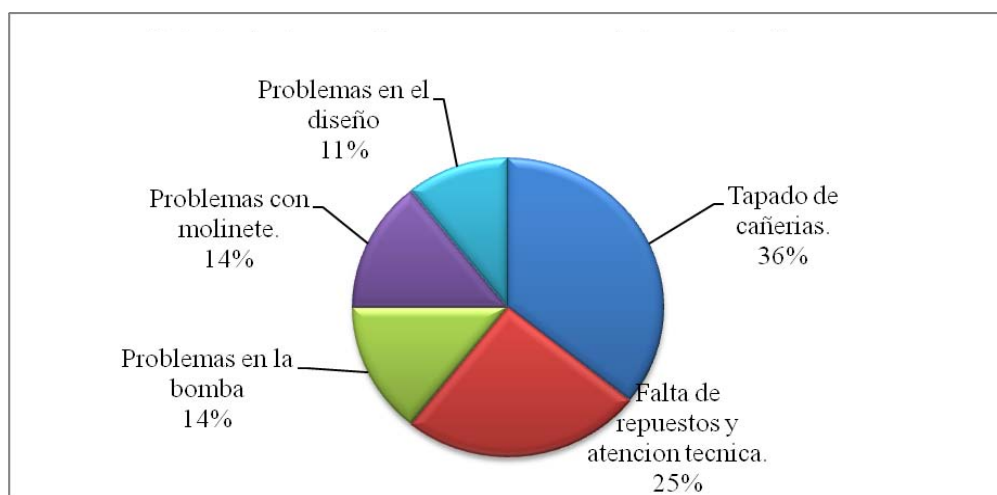


Gráfico 3: Principales inconvenientes que presenta el sistema de efluentes.

Se puede decir entonces, de acuerdo al análisis de las encuestas realizadas que los problemas presentados por el sistema son mayormente debidos al tapado de cañerías y la falta de repuestos y de servicio técnico.

Los inconvenientes detectados por problemas en el diseño y componentes del sistema como vemos en el gráfico 3 se presentan en menores porcentajes.

2. Determinación de la tasa de aplicación y uniformidad del sistema de efluentes

Una vez realizadas las mediciones de la cámara se obtuvieron los valores promedios de las mismas y se calculó el volumen de la cámara llena (N_1) y vacía de efluente (N_2), según estaba calibrada con la ubicación de la bomba y el flotante de la bomba, como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4: Valores en metros tomados de la cámara de almacenamiento.

Medición	Ancho (A)	Largo (L)	Profundidad (N ₁)	Vaciado (N ₂)
1	1,48	2,32	0,71	0,39
2	1,48	2,32	0,60	0,30
3	1,48	2,32	0,63	0,30
4	1,48	2,32	0,60	0,27
5	1,48	2,32	0,51	0,22
6	1,48	2,32	0,60	0,35
7	1,48	2,32	0,64	0,25
8	1,48	2,32	0,60	0,30
Promedio	1,48	2,32	0,61	0,23

Se determinó el nivel máximo de llenado (N₁), que fue igual a 0,61 y el volumen de la cámara vacía (N₂) que fue igual a 0,23.

$$\text{Volumen cámara llena (N}_1\text{)} = A \times L \times N_1$$

$$\text{Volumen cámara llena} = 1,48 \times 2,32 \times 0,61 = 2,09 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen cámara vacía (N}_2\text{)} = A \times L \times N_2$$

$$\text{Volumen cámara vacía} = 1,48 \times 2,32 \times 0,23 = 0,78 \text{ m}^3$$

Se procede a restar estos dos valores dando un total de 1,31 m³, que equivalen a 1310 litros por ordeño, que representa después de los dos ordeños un valor de 2620 litros/día.

También se tomó la distancia recorrida por el equipo cada vez que la bomba se encendió (Foto 13), y el tiempo de funcionamiento, los valores se muestran en el cuadro 7.

Se tomó como medida del ancho de mojado 22 metros, según lo expresado en el manual de funcionamiento del equipo (Manual carro aspersor Delaval Bosio, 1998).

Cuadro 5: Valores promedios de mediciones de distancia y tiempo de funcionamiento del aspersor.

Medición	Recorrido (metros)	Tiempo (minutos)
1	2,30	5
2	2,00	6
3	2,00	5
4	2,60	4
5	2,00	5
6	2,70	6
7	2,10	5
8	2,20	4
Promedio	2,24	4



Foto 13: Medición distancia recorrida por el sistema.

Se procedió a multiplicar el ancho de mojado del aspersor con la distancia promedio de los recorridos (Cuadro 5), dando un valor de 49,28 m² que corresponden al área regada.

Considerando estos valores la tasa de aplicación fue de 26,58 l/ m² en cada ordeño. Este resultado equivale a un valor de 53,16 l/m²/día.

Entre el 16 de marzo y el 9 de abril se realizó la evaluación donde, repitió 5 veces este procedimiento del pesado de las bandejas, siempre después del ordeño de la mañana para que las comparaciones fueran lo más homogéneas posibles. Se registró las fechas de medición y luego se obtuvo de la estación meteorológica de INTA Rafaela la velocidad y dirección del viento de cada uno de los días. Una vez finalizadas las 5 repeticiones se obtuvo la planilla con la que se comenzó el análisis de la uniformidad de distribución del carro aspersor. Con los valores promedios obtenidos de todas las pesadas de las bandejas (Anexo 2), se calculó que la uniformidad de distribución de la zona evaluada es del 50 %.

$$UD (\%) = 100 \times \frac{1,64}{3,27}$$

Cuando el valor de la uniformidad de la distribución es menor al 75 %, se considera totalmente desuniforme (Junta de Andalucía, 2008).
Con los pesos promedios de las bandejas se formuló el siguiente gráfico 4.

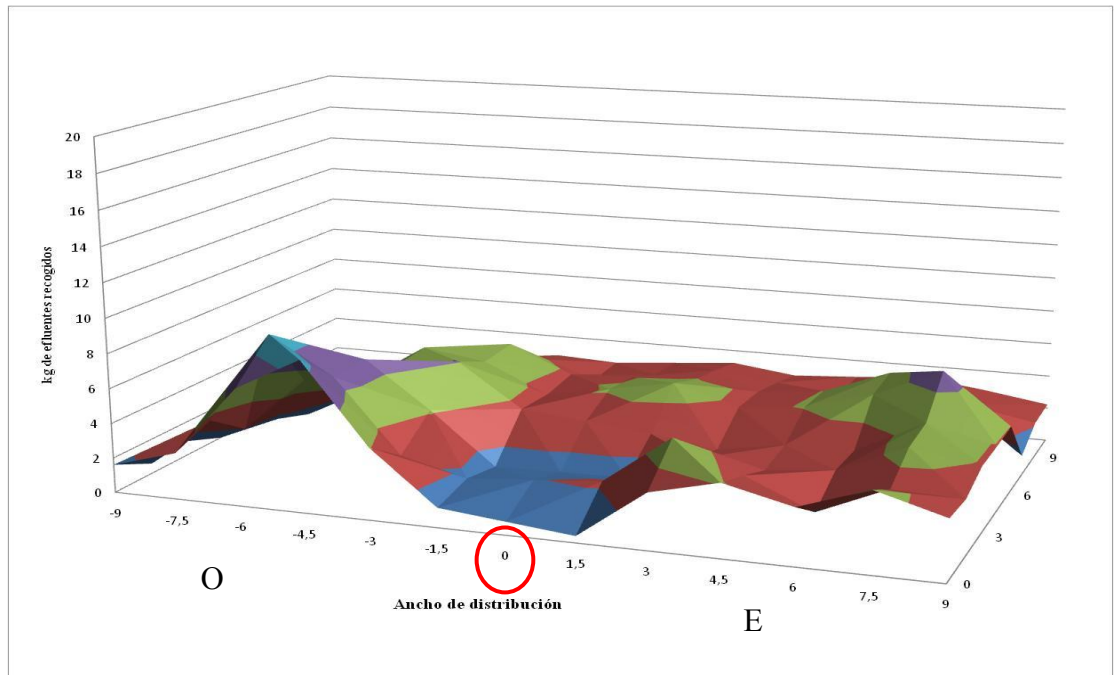


Gráfico 4: Distribuciones promedio del efluente.

El punto 0 sobre el eje X representa el punto de partida del equipo al comenzar la distribución, los valores positivos representan el punto cardinal Este y los negativos el Oeste. Sobre el eje Y se presentan los kg promedios de efluente recogidos en la bandeja y sobre el eje X el ancho de distribución del equipo, además sobre el eje Y secundario se agrega los valores de distancia recorrida. Según lo observado en el gráfico la distribución del efluente es poco uniforme, la mayor parte del efluente se encuentra sobre los valores negativos del eje X, es decir sobre el punto cardinal Oeste.

También se pudo analizar los porcentajes de uniformidad de distribución de cada muestreo de forma individual.

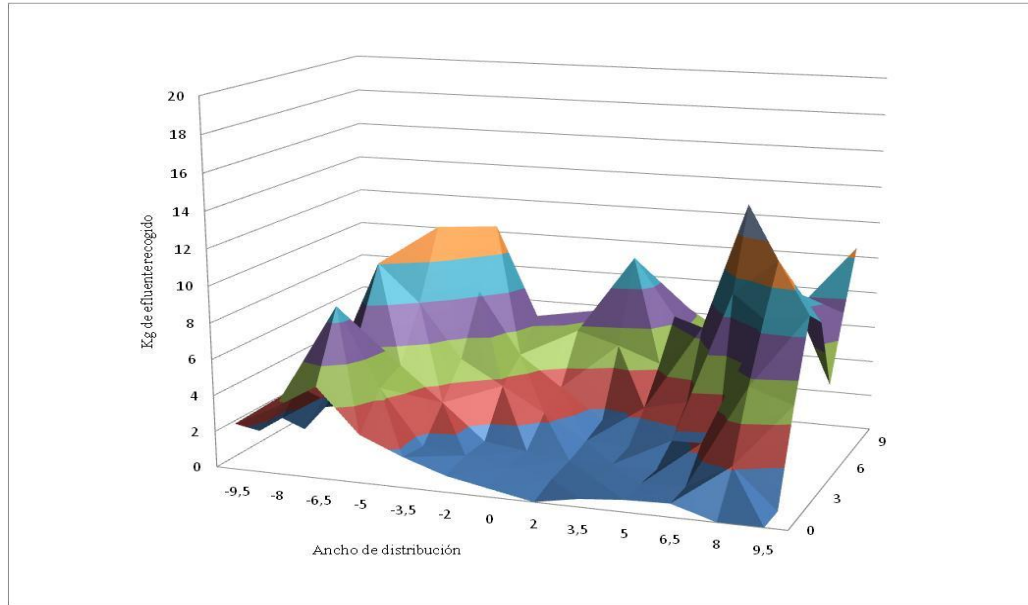


Gráfico 5: Distribución del efluente al primer día de muestreo.

El valor de uniformidad de distribución (UD) en el primer día de muestro al hacer los cálculos correspondientes da 22 %. Es decir que dicha distribución es completamente desuniforme.

$$UD (\%) = 100 \times \frac{0,73}{3,27}$$

Como se puede observar en el gráfico 5, existen puntos durante el avance del equipo donde los kg de efluente arrojados son mucho mayores a las cantidades del inicio de funcionamiento.

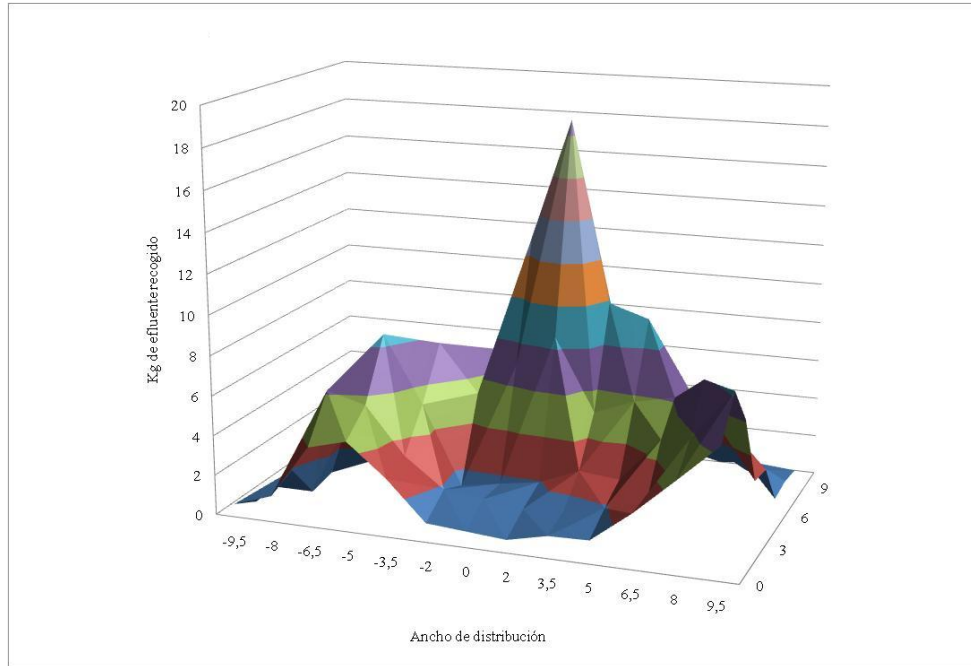


Gráfico 6: Distribución del efluente al segundo día de muestreo

$$UD (\%) = 100 \times \frac{0,40}{3,27}$$

En el segundo día de muestreo el valor de UD es de 12 %, es más desuniformes aún que el valor tomado en el primer día, se puede observar en el grafico 6 un pico de recolección de efluente de casi 18 kg a los 6 metros de avance del equipo.

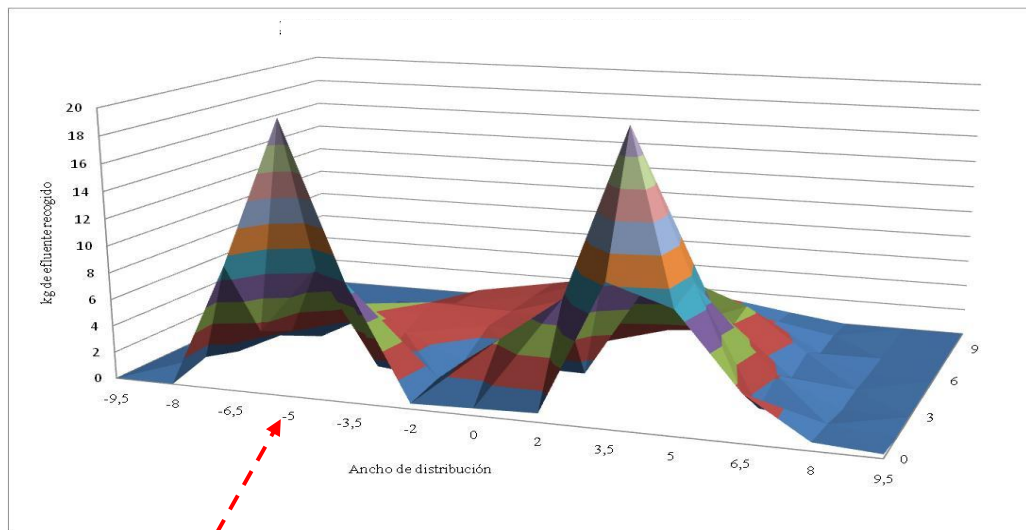


Gráfico 7: Distribución del efluente al tercer día de muestreo.

$$UD (\%) = 100 \times \frac{0,78}{3,27}$$

El valor de UD calculado en el tercer día de muestreo es de 24 %, completamente desuniforme, se puede ver en el grafico 7 dos picos de mayor recolección de material a los 9 metros de avance del equipo en dirección este y oeste.

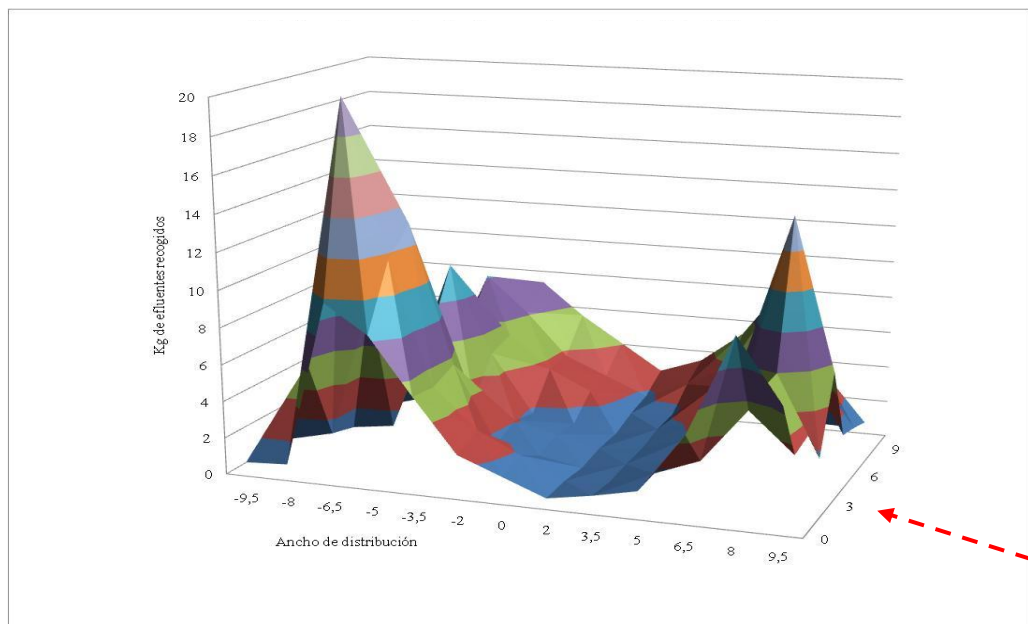


Gráfico 8: Distribución del efluente al cuarto día de muestreo.

$$UD (\%) = 100 \times \frac{0,98}{3,27}$$

El cuarto día de muestreo nos da un valor de 30 %, presentado una distribución completamente desuniforme.

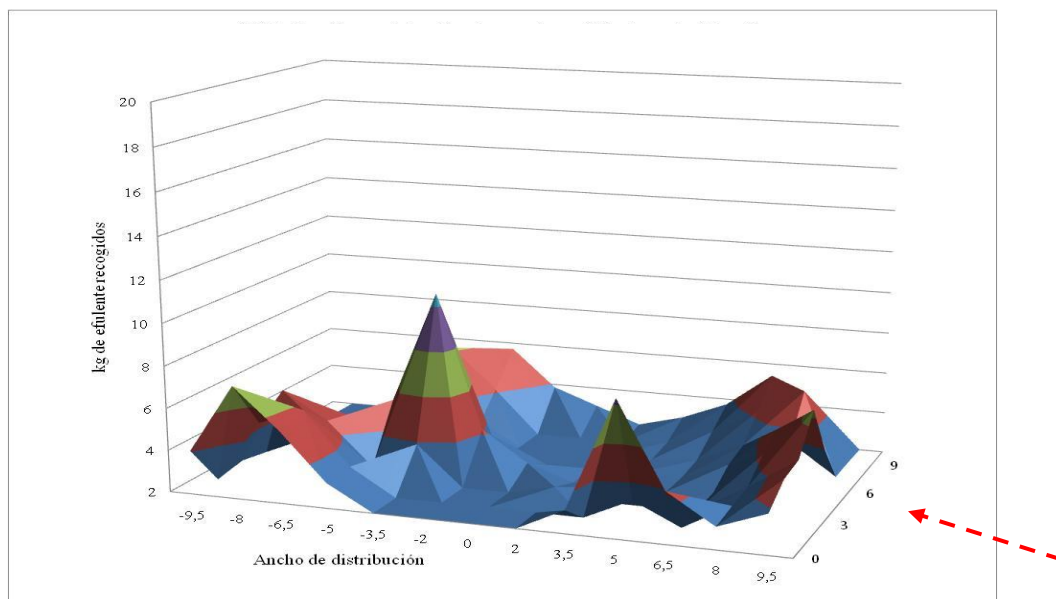


Gráfico 9: Distribución del efluente al quinto día de muestreo.

$$UD (\%) = 100 \times \frac{1,05}{3,27}$$

En el quinto día de muestreo el valor de UD es de 32 %, es decir que esta distribución es la más uniforme de todas las muestras tomadas, aun así podemos observar en el gráfico 9 un pico de recolección del material a los 6 metros de avance en dirección oeste.

Como mencionamos con anterioridad, uno de los factores ambientales que pueden estar afectando dicha distribución, es la intensidad y dirección del viento. Es por esta razón que dichos datos, se presentan en el cuadro 6 y fueron proporcionados por la Estación Meteorológica de la Estación Experimental del INTA Rafaela.

Cuadro 6: Datos de dirección y velocidad del viento

Fecha	Dirección	Velocidad
16-Mar	ES (tendencia E)	9 Km/h
17-Mar	EN (tendencia NE)	16 Km/h
01-Abr	SO (tendencia S)	9 Km/h
07-Abr	Este	16 Km/h
09-Abr	Este	9 Km/h

En el cuadro 7 se observa que en los días 7 y 9 de abril, el viento sopló del Este. En el gráfico 8 se muestra la distribución cuando la intensidad del viento fue de 16 km/h dirección este y en el gráfico cuando fue de 9 Km/h en la misma dirección.

Como se puede observar en ambos gráficos, la uniformidad de la distribución fue afectada por la dirección ni la intensidad del viento representada por la flecha roja, ya que si el viento provino del Este, y se obtuvo la mayor parte del efluente en el sector Oeste de los gráficos.

Analizando la distribución de efluente el día 1 de abril, donde la dirección del viento tuvo una tendencia Sur, representa por la flecha roja (Gráfico 7), se pudo observar como influyo la dirección del viento, ya que los máximos kg de efluente recogidos en las bandejas se encuentran en los primeros metros de avance del carro aspersor.

También se analizó a qué distancia de avance la distribución se comportaba de manera más homogénea, al realizar los gráficos correspondientes se observan los siguientes resultados en el gráfico 10 y 11.

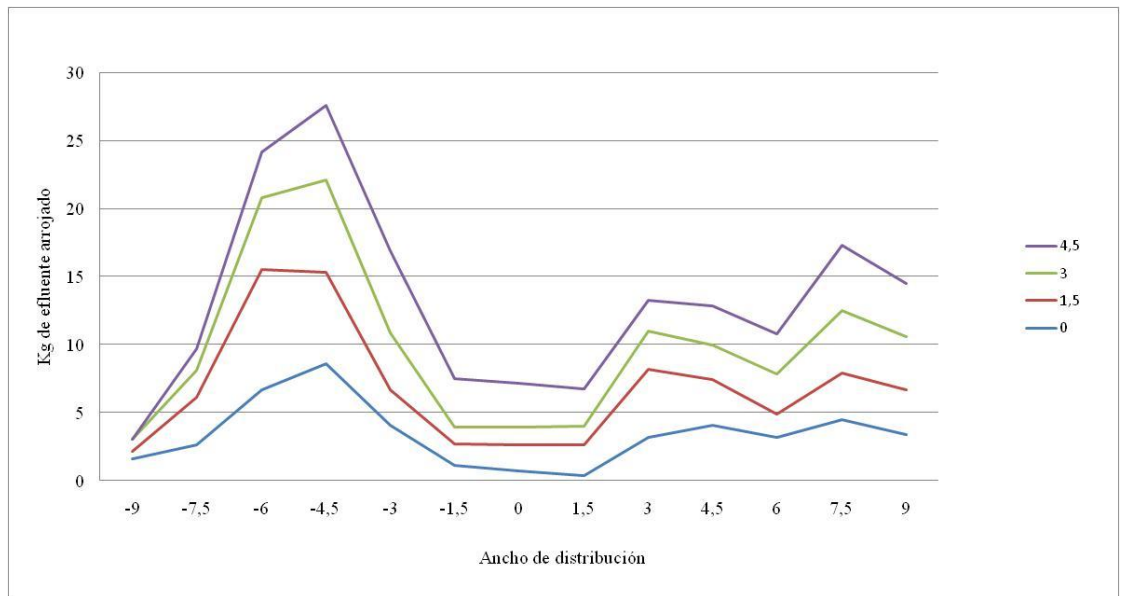


Gráfico 10: Distribución hasta los 4,5 metros de avance.

En el gráfico 10 se observa que la distribución del efluente hasta los 4,5 metros de avance el carro aspersor tiende a lanzar mayores cantidades de efluente hacia el Oeste, comenzando con 6 kg de efluentes al comienzo y llegando a un valor máximo de aproximadamente 28 kg a los 4,5 metros de avance y se verifica la incidencia del viento preponderante en los respectivos días de muestreo.

Mientras que hacia al Este solo se encuentra un valor de 16 kg a los 4,5 metros, es decir la mitad de efluente arrojado hacia el lado Oeste.

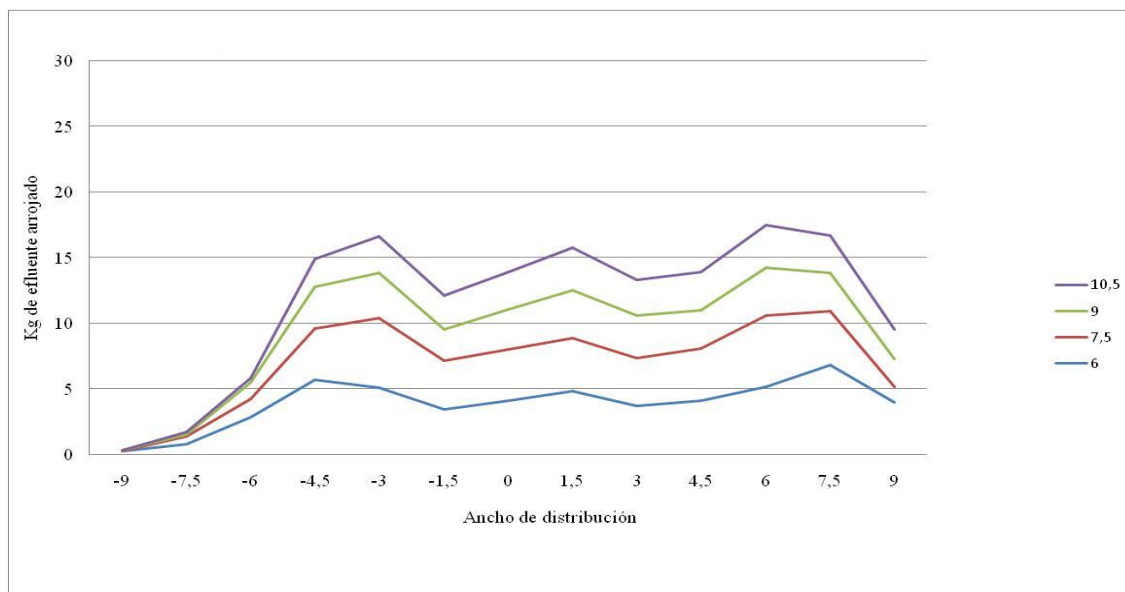


Gráfico 11: Distribución hasta los 10,5 metros de avance.

Como se puede observar en el gráfico 11, las distribuciones de efluente a los 10,5 metros de avance se vuelven más homogéneas, pero las cantidades arrojadas también son menores.

Esto puede ser explicado por la velocidad que giran los brazos aspersores del carro, dado que a partir de los 6 metros de avance el ritmo es más constante, según lo observado visualmente.

Las cantidades de efluente arrojadas son menores, ya que a medida que el carro avanza la cámara de almacenamiento va quedando vacía.

3. Resultados análisis cuantitativo y cualitativo del efluente.

Los resultados obtenidos de la muestra de efluente se muestran en el cuadro 7 a continuación:

Cuadro 7: Resultados de los análisis de muestra del efluente

Determinación	Resultados
Materia Seca (MS)	1,20 g/100ml
cenizas	0,61 g/100ml
Nitrógeno Total (N)	0,30 g/l
Fósforo Total (P)	0,12 g/l
Materia orgánica (MO)	0,59 g/100l
Conductividad (CE)	6,3 mS/cm
pH	6,40

A partir de estos resultados obtenidos, se puede decir que aplicando el efluente al suelo podría aumentarse la cantidad de nutrientes disponibles permitiendo un ahorro en el uso de fertilizantes comerciales.

En este análisis se muestran valores de 0,3 g de nitrógeno total / litro y 0,12 g de fósforo / litro, en función del volumen aplicado que es de 2620 litros/día de

efluente, estaríamos aportando 0,79 kg de nitrógeno/día y 0,31 kg de fósforo/día.
Al año el aporte equivaldría a 288 kg de N y 114,76 kg de P.

CONCLUSIÓN

En base al estudio realizado de los diferentes puntos de este trabajo de investigación sobre el funcionamiento y manejo del sistema de aspersión de efluentes puedo concluir que:

- De acuerdo a lo mencionado por aquellas personas que utilizan el equipo, cuando este se implementa de forma correcta y realizando un control y seguimiento del mismo cumple con los objetivos para los que fue diseñado, ya sea en cuanto al cuidado del medio ambiente como también en el aprovechamiento de los residuos generados en el tambo para el aporte de nutrientes al suelo (60 %).
- Con respecto aquellos equipos que no se encuentran en funcionamiento, la mayor parte se debe a la obstrucción de cañerías y problemas en el movimiento del molinete del carro aspersor.
- En cuanto a la uniformidad de la distribución se puede concluir que es completamente desuniforme y en este trabajo el viento es un factor que mostró su efecto en la misma. Además, los problemas de obstrucción de mangueras y movimientos del molinete podrían considerarse como factores que están afectando la uniformidad, y que podrían ser fácilmente modificados con una buena asistencia técnica del equipo.
- La distribución del efluente se vuelve más homogénea en ambas direcciones a medida que el carro aspersor avanza, debido a que el efluente llega de manera más constante al carro aspersor a través de las mangueras.
- También se determinó que al no existir una legislación exclusiva en nuestro país que regule el manejo de efluentes en el tambo, en aquellos establecimientos donde no se utiliza el equipo por diferentes causas, el 70 % de los efluentes son arrojados a las cunetas y fuentes de agua cercanas al tambo, o directamente se esparcen en los alrededores de las instalaciones, presentado una fuente de alta contaminación y malos olores.
- Y por último se concluyó que, la incorporación del efluente al suelo representa un aporte de 288 kg de N/año y 114,76 kg P/año. Estos valores equivalen a 626 kg de Urea y 263 kg de P₂O₅. Con un valor promedio de 610 dólares por tonelada de Urea, estaríamos ahorrando 382 U\$S/ año y si la tonelada de Superfosfato Simple tiene un valor de 320 dólares, se ahorrarían 421 U\$S/año.

BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, G. Manejo de efluentes de instalaciones de ordeño. El Trébol, Delaval, 1° edición, 1998, pags.1-13.
- Aguirre, G. Manual carro aspersor. El Trébol, Delaval, 1° edición, 1998.
- Calderón F., Pavlova M. Determinación de la demanda biológica de oxígeno (DBO₅) Método Respirométrico. Bogotá, Dr. Calderón Laboratorios Ltda, 2007, pags.1-25.
- Castignani, H. A. Competitividad relativa de la lechería y la agricultura en la cuenca central de Santa Fe – Córdoba (Tesis de Maestría en Agro negocios) Universidad de Buenos Aires (2009).
- Charlon V., Serrano P. Efluentes en las instalaciones de ordeño. EEA Rafaela y AER Brandsen, 2008, pags 1-30.
- Charlon V., Taverna M., Walter E. y Manzi F. (2005) Riego por aspersión, una alternativa de re- uso de los efluentes del tambo. Revista Sancor CUL, pags. 1- 7.
- Herrero A y Gil S, 2000. Efluentes ganaderos: ¿Residuos o recursos?
- Herrero A.; Aguirre G.; Camoletto J.; Charlon V. Uso del agua, manejo de efluentes e impacto ambiental. Buenos Aires, Memorias JICAL III, 2009, pags 98- 128.
- Herrero A., Nossetti L., Pol M., Maldonado May V., Korol S. Rossi S., Gemini V., Flores M. Cuantificación y caracterización de aguas en establecimientos lecheros, 2007, pags.90- 140.
- Hilbert J. A. Manual para la producción de Biogás. INTA Castelar, 2006, pags: 45-52.
- <http://pubs.caes.uga.edu/caespubs/pubcd/C825/C825.htm>. Consultada febrero, 2008
- <http://pubs.caes.uga.edu/caespubs/pubcd/C825/C825.htm>. Consultada febrero, 2008.
- <http://www.dexcer.co.nz/ramacts/view>. Consultada febrero, 2003.
- <http://www.drcalderonlabs.com/index.html>. Consultada febrero, 2003.
- <http://www.inta.gov.ar/INFO/bioenergia/bio.htm>. Consultada marzo, 2009.
- <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/protocolosaspersion>. Consultada febrero, 2008.
- <http://www.redcrea.org.ar>. Informe Acrea. Consultada abril, 2011.
- <http://www.wm.com/index.jsp>. Consultada, febrero 2008.
- Davis J.G and R.B Mayer. Manure Spreader Calibration. University of Colorado, 1995, pags 1-3.
- Jokela, W., and D Cote. Options for direct incorporation of liquid manure. Ithaca, NY, 1994, pags: 1-45.
- Koelsch, R. Manure Applicator Calibration. Issued, Noviembre 1995, pags B14-B15.
- Martin John H. Jr. Ph.D. Metano para los Mercados. Directrices Internacionales para cuantificar y reportar el desempeño de los sistemas de digestión anaeróbica para estiércol de ganado. 13 de Noviembre de 2009, pags. 1- 41.

- Montanaro Roberto. Producción de Biogás en granjas porcinas en confinamiento. Publicaciones INTA, 2007.
- Pain, B.F. 2000. Control and utilization of livestock manure. Pags: 343-364.
- Pittamiglio, M. Guía de diseño y Operación de Sistemas de tratamiento de efluentes de tambo. Uruguay, Conaprole, 1999.
- Pittamiglio, M. Guía para el tratamiento de efluentes en predios lecheros. Uruguay, Conaprole, 1999, pags. 6-49.
- Rojas Tejada A.J, Fernández Prado J.S, Pérez Meléndez C. Investigar mediante encuestas. *Fundamentos teóricos y aspectos prácticos*. Madrid, 1998, pags 115-140.
- Sordelli, L. (2007). ¿Qué hacemos con los efluentes? Revista Producir XXI, Buenos Aires, pag 21-24.
- Taverna M., Charlon V., Panigatti C., Castillo A., Serrano P. y Giordano J. Manejo de los residuos originados en las instalaciones de ordeño. *Una contribución al logro de ambientes locales sanos*. Rafaela, Ediciones INTA, 2004, pags 11-20, pags 21-36.
- Vernet E. Manual de consulta Agropecuario 2007-2008. 28 de Julio de 2007, pags. 197-200.

ANEXOS 1

Anexo 1: ENCUESTA REALIZADA A LOS CLIENTES DELAVAL BOSIO.

- 1) Nombre del propietario=
- 2) Localidad donde se encuentra el tambo=
- 3) Cantidad de vacas en ordeño. Máximo y mínimo durante el año.
- 4) ¿En qué año adquirió el equipo?
- 5) Actualmente se encuentra en funcionamiento
 - a) Si
 - b) No (pasar a pregunta 19)
- 6) ¿Con que frecuencia lo utiliza?
 - a) Diariamente
 - a. 1 ordeño
 - b. 2 ordeños
 - b) Semanalmente
 - a. Cuantas veces
 - c) Mensualmente
 - a. Cuantas veces
- 7) Sobre que cultivo utiliza el equipo
 - a) pastura recién implantada.
 - b) pastura de más de 3 años.
 - c) lote que se usaran para sembrar verdes.
 - d) Otro.
- 8) ¿Según qué criterios se construyo la cámara?
 - a) Del propietario
 - b) del vendedor
 - c) del constructor
 - d) o alguna combinación (cual)
- 9) ¿Cuantos HP tiene la bomba que adquirió con el sistema?
 - a) 5
 - b) 10
 - c) 15
- 10) ¿Cómo utiliza la bomba?
 - a) Automáticamente
 - b) Manualmente
 - ¿Qué criterios se siguen para encenderla?
 - i. Cuando el tambero decide
 - ii. Cuando empieza el ordeño
 - iii. Cuando termina el ordeño

- 11) ¿Cual es el largo total de la tubería del sistema?
- 500
 - 100
 - 1500
 - Otras
- 12) ¿Tiene otro sistema de almacenamiento de efluentes en su establecimiento?
Si- No
¿Cuál?
- 1 laguna
 - 2 lagunas
 - Más de dos lagunas
 - Cuneta
 - Potrero
 - Otros
- 13) ¿Si tiene algún problema con el sistema que hace con el efluente generado?
- 1 laguna
 - 2 lagunas
 - Más de dos lagunas
 - Cuneta
 - Potrero
 - Otros.
- 14) ¿Cuales son las ventajas que usted observa en la utilización de este sistema?
- Ambientalmente
 - A nivel de manejo de residuos.
 - A nivel de los operarios.
 - A nivel productivo.
- 15) ¿Tuvo inconvenientes con la implementación del sistema?
- Si (pasar a la 16)
 - No
- 16) ¿Qué inconvenientes se presentaron para la implementación adecuada del sistema?
- Tapado de cañerías
 - Aceptación del operario a implementar el sistema.
 - Atascamiento del molinete
 - Limpieza muy frecuente del canasto.
 - Problemas con el funcionamiento de la bomba.
 - Problemas en el movimiento del molinete
 - Otros
- 17) ¿Cual es el motivo por el cual no se encuentra en funcionamiento?
- Tapado de cañerías
 - Aceptación del operario a implementar el sistema.

- j) Atascamiento del molinete
- k) Limpieza muy frecuente del canasto.
- l) Problemas con el funcionamiento de la bomba.
- m) Problemas en el movimiento del molinete
- n) Falta de atención técnica.
- o) Otros

18) ¿Cuántos HP tiene la bomba que adquirió con el sistema?

- a) 5
- b) 10
- c) 15

19) ¿Cuál es el largo total de la tubería del sistema?

- a) 500
- b) 1000
- c) 1500
- d) Otras

ANEXOS 2

Cuadro 1: PESOS PROMEDIOS DE LAS BANDEJAS DISTRIBUIDAS ALREDEDOR DEL SISTEMA DE EFLUENTES.

	-9	-7,5	-6	-4,5	-3	-1,5	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9
0	1,6	2,7	6,7	8,6	4,1	1,1	0,8	0,4	3,2	4,1	3,2	4,5	3,4
1,5	0,6	3,5	8,8	6,7	2,6	1,6	1,9	2,3	5,1	3,4	1,7	3,4	3,3
3	0,8	2,0	5,2	6,8	4,2	1,2	1,3	1,3	2,8	2,5	2,9	4,6	3,9
4,5	0,0	1,5	3,4	5,5	6,1	3,6	3,2	2,8	2,3	2,9	2,9	4,8	3,9
6	0,3	0,8	2,8	5,7	5,1	3,4	4,1	4,8	3,7	4,1	5,1	6,8	4,0
7,5	0,0	0,6	1,4	3,9	5,3	3,7	3,9	4,0	3,7	4,0	5,5	4,1	1,2
9	0,0	0,1	1,3	3,2	3,4	2,4	3,0	3,7	3,2	2,9	3,6	2,9	2,1
10,5	0,0	0,2	0,3	2,1	2,8	2,6	2,9	3,2	2,7	3,0	3,3	2,8	2,2

Cuadro 2: PESOS DE LAS BANDEJAS EN EL PRIMER DIA DE MUESTREO.

	-9,5	-8	-6,5	-5	-3,5	-2	0	2	3,5	5	6,5	8	9,5
0	2,6	3,7	5,1	2,7	1,7	0,9	0,5	0,0	0,4	0,7	0,5	0,0	0,0
1,5	1,4	4,2	8,8	4,5	1,5	1,2	0,8	0,4	0,7	0,7	0,8	1,6	0,0
3	1,4	2,8	6,7	5,1	3,2	1,3	1,0	0,7	0,7	0,7	2,4	5,7	4,9
4,5	0,0	3,7	10,1	8,0	5,0	3,7	2,3	1,0	0,9	1,5	0,0	8,6	9,0
6	0,6	1,8	7,0	11,8	8,3	4,8	3,1	1,5	2,4	3,0	9,3	11,2	8,0
7,5	0,0	1,5	4,3	7,3	11,5	6,4	5,8	5,1	4,3	6,5	13,6	9,1	3,9
9	0,0	0,0	1,5	1,8	4,3	3,1	6,3	9,6	6,4	5,4	7,3	7,6	7,3
10,5	0,0	0,0	0,0	0,8	0,7	1,9	4,9	8,0	6,3	4,8	2,7	6,9	10,5

Cuadro 3: PESOS DE LAS BANDEJAS EN EL SEGUNDO DIA DE MUESTREO.

	-9,5	-8,0	-6,5	-5,0	-3,5	-2,0	0	2,0	3,5	5,0	6,5	8,0	9,5
0	0,7	1,3	4,0	4,5	2,9	1,0	0,8	0,7	1,1	1,2	2,7	4,5	6,4
1,5	0,0	1,9	6,2	5,6	3,3	1,9	1,6	1,4	1,5	1,9	2,5	5,8	8,2
3,0	0,0	0,0	3,9	8,6	5,2	1,3	1,6	2,0	2,8	2,6	4,8	7,9	6,2
4,5	0,0	0,3	1,1	4,7	7,7	5,3	7,0	8,6	5,0	5,7	6,2	5,2	2,5
6,0	0,0	0,0	0,6	1,4	5,1	7,0	12,9	18,8	9,9	9,3	6,0	4,4	2,3
7,5	0,0	0,0	0,0	1,4	4,2	3,9	6,3	8,8	6,5	5,4	4,4	2,3	0,0
9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,6	0,8	1,0	2,2	1,4	1,6	0,5	0,2
10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,5	0,0	0,5	0,0	0,2	0,0

Cuadro 4: PESOS DE LAS BANDEJAS EN EL TERCER DIA DE MUESTREO.

	-9,5	-8	-6,5	-5	-3,5	-2	0	2	3,5	5	6,5	8	9,5
0	0,00	0,00	9,23	24,45	8,75	0,40	0,53	0,65	10,27	8,80	3,48	0,60	0,30
1,5	0,00	0,81	3,25	8,43	1,40	0,93	4,28	7,63	21,35	9,49	1,05	0,41	0,00
3	0,00	0,00	2,08	4,60	2,75	1,00	0,95	0,90	8,10	6,75	2,11	0,00	0,00
4,5	0,00	0,11	0,45	2,74	4,00	2,52	2,33	2,13	3,40	3,83	0,65	0,16	0,00
6	0,00	0,00	0,59	1,90	2,81	2,55	2,33	2,10	3,64	4,50	1,29	0,00	0,00
7,5	0,00	0,00	0,00	1,18	2,80	2,68	3,17	3,65	4,55	2,46	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	1,38	2,70	3,50	4,30	2,66	0,80	0,20	0,00	0,00
10,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,35	2,00	2,65	1,00	0,60	0,00	0,00	0,00

Cuadro 5: PESOS DE LAS BANDEJAS EN EL CUARTO DIA DE MUESTREO.

	-9,5	-8	-6,5	-5	-3,5	-2	0	2	3,5	5	6,5	8	9,5
0	0,78	0,90	9,80	8,30	5,27	2,40	1,50	0,60	1,00	1,50	4,65	9,90	6,63
1,5	0,65	5,72	20,20	11,68	5,10	3,00	1,86	0,72	0,90	1,64	2,55	5,43	3,35
3	0,59	1,12	8,87	13,10	5,66	1,50	1,08	0,65	1,09	1,60	3,19	5,90	3,62
4,5	0,00	0,74	1,05	6,73	2,95	2,07	1,51	0,95	1,20	1,95	2,70	6,00	1,60
6	0,27	0,80	3,25	9,80	4,98	1,75	1,38	1,00	1,54	2,30	6,23	13,80	5,60
7,5	0,00	0,70	1,35	6,16	5,40	3,63	2,56	1,48	1,65	3,49	6,10	5,61	1,40
9	0,22	0,65	2,73	8,10	6,15	3,75	2,78	1,80	2,70	3,90	4,86	1,15	1,07
10,5	0,00	0,49	0,83	5,43	7,35	5,55	4,09	2,63	3,45	5,22	8,30	3,37	0,65

Cuadro 6: PESOS DE LAS BANDEJAS EN EL QUINTO DIA DE MUESTREO.

	-9,5	-8	-6,5	-5	-3,5	-2	0	2	3,5	5	6,5	8	9,5
0	4,08	7,35	5,45	3,20	1,90	0,95	0,48	0,00	3,08	8,35	4,42	3,05	3,88
1,5	0,80	4,98	5,80	3,29	1,55	1,13	1,13	1,13	0,90	3,04	1,85	3,25	4,70
3	2,25	5,95	4,65	2,60	3,91	0,90	1,70	2,50	1,30	1,05	2,13	3,40	4,88
4,5	0,00	2,93	4,25	5,25	10,60	4,18	2,75	1,32	0,75	1,34	2,20	4,24	6,55
6	0,50	1,50	2,68	3,55	4,48	1,05	0,88	0,70	1,03	1,35	2,88	4,80	4,00
7,5	0,00	0,73	1,40	3,45	2,70	1,92	1,58	1,23	1,30	2,19	3,15	3,50	0,65
9	0,00	0,00	2,09	6,15	4,14	2,00	1,85	1,70	2,20	2,95	4,23	5,40	2,02
10,5	0,00	0,27	0,80	4,22	5,70	3,85	3,06	2,28	2,85	3,73	5,40	3,60	0,00