



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Trabajo Final para Optar al Grado de Ingeniero
Agrónomo”

Modalidad Trabajo Final

**Efecto residual de la aplicación de efluentes de tambo en
un sistema suelo-cultivo de soja**

Mauricio Joaquín Schachner

D.N.I.: 35551007

Director: Ing. Agr. Degioanni Américo.

Co-director: Ing. Agr. Amín Maria Silvana

Río Cuarto – Córdoba

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: “Efecto residual de la aplicación de efluentes de tambo en un sistema suelo-cultivo de soja”

Autor: Schachner, Mauricio Joaquín.

DNI: 35551007

Director: Ing. Agr. Dr. Degioanni Américo.

Co-Director: Ing. Agr. Amín María Silvana.

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadora:

Ing. Agr. Degioanni Américo

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Secretario Académico

Facultad de Agronomía y Veterinaria.

INDICE GENERAL

| | |
|---|--------|
| RESUMEN | - 3 - |
| SUMMARY | - 4 - |
| INTRODUCCIÓN | - 5 - |
| 1- OBJETIVOS | - 7 - |
| A- General: | - 7 - |
| B- Específicos: | - 7 - |
| MATERIALES Y MÉTODOS | - 8 - |
| 2- DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO EXPERIMENTAL | - 8 - |
| A- Mediciones en el suelo: | - 9 - |
| B- Medición en el cultivo: | - 10 - |
| 3- ANALISIS ESTADÍSTICO: | - 10 - |
| Resultados y discusión | - 11 - |
| 4- Efecto residual de la aplicación de efluentes de tambo en el contenido de materia orgánica del suelo | - 11 - |
| 5- Contenido de N-NO ₃ residual en el suelo | - 11 - |
| 6- Stock de fósforo residual en el suelo | - 13 - |
| 7- Efecto residual sobre el cultivo de soja por la aplicación del efluente | - 13 - |
| 8- Efecto sobre el contenido de proteína en grano | - 16 - |
| CONCLUSIONES | - 18 - |
| BIBLIOGRAFIA | - 19 - |
| ANEXO | - 24 - |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----------|
| Tabla 1. Características morfológicas y analíticas del suelo Haplustol típico..... | 8 |
| Tabla 2. Composición del efluente aplicado..... | 9 |
| Tabla 3. Promedios de materia orgánica expresada en porcentaje y comparación de medias entre tratamientos, para los horizontes A1 (0-10) y A2 (10-20 cm), en la campaña 2014-2015 | 11 |
| Tabla 4. Contenidos medios de N-NO₃ residual en ppm y comparación de medias entre tratamientos con LSD Fisher, para los horizontes A1 (0-10 cm), A2 (10-20 cm), Bw (20-40 cm), C (40-70 cm) y Ck (300 cm) en la campaña 2014-2015..... | 12 |
| Tabla 5. Fósforo disponible promedio (Bray-1) y comparación de medias entre tratamientos con LSD Fisher, en los horizontes A1 (0-10 cm), A2 (10-20 cm), Bw (20-40 cm) y horizonte C (40-70 cm) en la campaña 2014-2015..... | 13 |
| Tabla 6. Valores promedios de altura de plantas y número de ramas, nudos y vainas y comparación de medias con LSD Fisher..... | 14 |
| Tabla 7. Porcentaje de proteína bruta y gramos de nitrógeno en el grano de soja y comparación de medias con LSD Fisher..... | 16 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| Figura 1. Rendimiento promedio del cultivo de soja bajo diferentes tratamientos y comparación de medias con LSD Fisher..... | 15 |
|--|-----------|

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto residual de la aplicación de efluentes de tambo en un sistema suelo-cultivo de soja. Durante las campañas 2011-2012 y 2012-2013 en un Haplustol típico franco arenoso, se cultivó maíz utilizando como único fertilizante efluentes de tambo sin tratamiento previo en el orden de los 200.000 L ha⁻¹ año. Se evaluó el efecto residual de estas aplicaciones de efluente sobre el suelo y un cultivo de soja en la campaña 2014-2015. Se midió el contenido de MO, N-NO₃, y P en el suelo. En el cultivo se midió altura de plantas, número de ramas, número de nudos, número vainas, rendimiento y contenido de proteína en granos. Los resultados muestran que hay un efecto residual de la aplicación del efluente sobre el stock de N y P en los horizontes superficiales del suelo. Se descartan procesos de lixiviación de N-NO₃ y no se detectaron cambios en la materia orgánica en el suelo. En cuanto al cultivo de soja el número de nudos, de ramas y proteína en grano no es afectado por efecto residual de las aplicaciones de efluentes. Sin embargo se observaron incrementos significativos en la altura de planta, número de vainas y un 16,6% en el rendimiento de granos. Este efecto sobre el cultivo no se pudo explicar como respuesta a la disponibilidad de nutrientes residuales. Se concluye que la utilización de efluentes de la producción bovina de leche es una alternativa técnica viable para mejorar el rendimiento de los cultivos y para el caso de esta experiencia no se detectó contaminación en profundidad con N.

Palabras claves: Rendimiento – Fertilización – Maíz – Efluente – Soja

SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the residual effect of the application of dairy farm effluent in a soil-crop soya system. During the 2011-2012 and 2012-2013 campaigns in a typical sandy loam Haplustol corn was grown using fertilizer as the only dairy farm effluent without prior treatment in the order of 200,000 L ha⁻¹ year. The residual effect of these applications effluent on the ground and a soybean crop in the 2014-2015 campaign was evaluated. The content of MO, N-NO₃ and P in the soil was measured. Cultivation in plant height, number of branches, number of nodes, pods number, yield and grain protein content was measured. The results show that there is a residual effect of the application of the effluent on the stock of N and P in surface soil horizons. Leaching of N-NO₃ are discarded and no changes were detected in the organic matter in the soil As for the soybean cultivation the number of knots, branches and grain protein is not affected by residual effect of effluent applications. However significant increases were observed in plant height, number of pods and 16.6% in grain yield. This effect on the crop could not be explained in response to the availability of residual nutrients. It is concluded that the use of effluent from bovine milk production is a viable alternative technique to improve crop yields and this experience if no contamination was detected in depth with N.

Key Words: Yield - Fertilization - Corn - Effluent - soybean

INTRODUCCIÓN

La producción lechera en el País se encuentra en constante crecimiento. En efecto, desde el año 2008 al 2011 la producción se incrementó de 10.000 millones a 11.300 millones de litros anuales de leche. Sin embargo, tanto el número de vacas en ordeño como cantidad de tambos se mantiene constante con leve tendencia a la baja aunque se incrementan los tambos con mayor cantidad de animales. En tal sentido, alrededor del 60% de las unidades productivas son tambos de más de 100 vacas en ordeño (Sánchez *et al.*, 2012). La concentración de animales en la faena de ordeño incrementa la cantidad de efluentes que se acumulan próximo a las instalaciones, que cuando no son correctamente manejados son focos de contaminación ambiental, con posibles impactos sobre las personas, animales, aire, suelo y agua (Herrero, 2010).

En la provincia de Córdoba solo el 44% del stock ganadero de leche (1.150.000 vacas) produce anualmente 3.500.000 Tn de estiércol (Pettigiani *et al.*, 2013). La disposición final de este volumen de excretas por lo general es escasamente incorporada a la gestión ambiental del tambo, por lo que termina en lagunas que son fuentes de contaminación puntual. Por ejemplo, en la cuenca lechera de San Basilio de 61 tambos relevados solo 5 lagunas poseen impermeabilizaciones en el piso y 56 lagunas están en contacto con la napa freática (De Prada, 2009).

En los tambos la fuente más común de provisión de agua es la subterránea. Existen problemas de contaminación asociados a deficiencias en la construcción y manejo de las perforaciones, fuentes de contaminación cercanas a los pozos (corrales y lagunas) y desconocimiento acerca de cómo manejar el agua y los efluentes que se producen. Dependiendo de las zonas del país se ha determinado que el 40-60 % de las perforaciones de los tambos no son aptas por exceso de nitratos y el 60-70% por contaminación microbiológica (Herrero, 2010). La contaminación del agua ocasiona problemas en la salud humana y animal, ya que su ingesta puede causar enfermedades como la metahemoglobinemia, que reduce la capacidad de transporte del oxígeno por la sangre afectando sobre todo a los recién nacidos (Herrero, 2014). Argentina establece un límite de 45 ppm para el consumo de agua potable en humanos (CAA, 2007).

La aplicación de los efluentes de tambo al suelo en forma de enmienda orgánica brinda un principio de solución a este problema, permitiendo además, recuperar la fertilidad de los suelos y aumentar la producción de los cultivos. El efluente es un compuesto químicamente complejo que aporta macronutrientes (N, P, K) y compuestos carbonados con impacto sobre el complejo orgánico del suelo (Fontanetto *et al.*, 2010; Schröder *et al.*, 2007; Gambaudo *et al.*, 2011). Por lo tanto, el efecto de su utilización debe ser tenido en cuenta como una enmienda más que un fertilizante donde se añade un nutriente en particular.

Varias experiencias demuestran el efecto positivo sobre los rendimientos de los cultivos. Sosa *et al.*, (2010) determinaron que la utilización de 60 mil L ha⁻¹ de efluentes produjo un 26% de incremento en maíz. Por otra parte (Amín *et al.*, 2014) demostraron que aplicaciones de 206.896 kg ha⁻¹ de efluente de tambo, producen incrementos en los rindes de maíz de 4.883 kg/ha con respecto al testigo sin aplicación. Entre los factores que determinan aumento de rendimiento se encuentra la disponibilidad de nitrógeno. Ferguson *et al.*, (2005) y Salazar *et al.*, (2009) han demostrado que es posible aportar todo el requerimiento de N en cultivos como maíz, con la aplicación de estiércol, lográndose rendimientos similares o mayores que con el uso de fertilizantes minerales. Estos resultados comprueban que es factible sustituir el fertilizante por estiércol y ahorrar en costos de producción (Delgado *et al.*, 2010). El uso del estiércol como fertilizante posee un efecto positivo en el incremento de fósforo disponible (Sosa *et al.*, 2014; Horodesky y Degioanni, 2014) y sobre las propiedades físicas del suelo (Fontanetto *et al.*, 2010; Mónaco *et al.*, 2008). Cabe destacar que parte del aporte de nitrógeno es en formas orgánicas y no está inmediatamente disponible para las plantas quedando en forma residual para próximos cultivos (Diez, 2010; Joshi *et al.*, 1994). Lo mismo ocurre con el fósforo (Damodar *et al.*, 1999; Damodar *et al.*, 2000). La escasa información sobre la residualidad de la utilización de efluentes sobre soja como práctica de fertilización orgánica, es lo que motivó la presente investigación.

OBJETIVOS

General:

- Evaluar el efecto residual de la aplicación de efluentes de tambo en un sistema suelo-cultivo de soja.

Específicos:

- Evaluar en el suelo el contenido de materia orgánica, nitrógeno de nitratos y fósforo residual de la aplicación de efluentes de tambo.
- Evaluar el efecto residual del efluente de tambo sobre el rendimiento, componentes del rendimiento, morfología y proteína del cultivo de soja.

MATERIALES Y MÉTODOS

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO EXPERIMENTAL

El ensayo se llevó a cabo, durante la campaña 2014-2015, en el establecimiento agropecuario de los Sres. Artusso Hnos, ubicado a 13,6 km al SO de la localidad de Canals, en la provincia de Córdoba (33° 37' 58" S y 62° 56' 29" O).

Características edafoclimáticas:

El suelo donde se instaló el ensayo es un Haplustol típico de textura franca arenosa (Jarsún *et al.*, 2006). El lote tiene una pendiente menor al 0,8%, por lo que se considera de baja susceptibilidad a la erosión hídrica con posible transferencia de nitrógeno y fósforo en el material escurrido. En la Tabla 1 se presentan algunas de las propiedades morfológicas y químicas del suelo.

Tabla 1: Características morfológicas y analíticas del suelo Haplustol típico

| Horiz. | Prof. (cm) | DAP (Mg m ⁻³) | MO (%) | pH Agua 1:2,5 | N-NO3 (mg kg ⁻¹) | P ppm |
|--------|---------------|------------------------------|-----------|------------------|---------------------------------|----------|
| A1 | 0-10 | 1,35 | 2,13 | 6,51 | 29 | 53.11 |
| A2 | 10-20 | 1,38 | 1,69 | 6,57 | 20 | *** |
| AB | 20-27 | 1,27 | 1,17 | 7,13 | 15 | *** |
| Bw | 27-44 | 1,27 | 1,26 | 7,31 | 8 | *** |
| BC | 44-63 | 1,21 | 0,25 | 7,42 | 5 | *** |
| C | + de 63 | 1,26 | 0 | 7,4 | 1,9 | *** |

Horiz: horizontes, Prof: profundidad, DAP: densidad aparente, MO: materia orgánica, CE: conductividad eléctrica, N-NO3: nitrógeno de nitratos, P: fósforo extractable, *** no se realizaron determinaciones (Amín *et al.*, 2014)

El clima del lugar se caracteriza por presentar una temperatura media anual de 16,4° C; la temperatura media del mes más caluroso (enero) es de 24.0° C y la correspondiente al mes más frío (julio) es de 9,2° C. La fecha media de primera helada es del 22 de Mayo con un desvío standard de +/-15 días y la fecha media de última helada ocurre el 9 de Septiembre aproximadamente, con un desvío standard de +/-19 días, por lo que el periodo libre de heladas es de 258 días y el periodo con heladas de 107 días, las que suceden todos los años invariablemente (100% de años con concurrencia de heladas). En cuanto al régimen pluviométrico presenta una suma total media anual de la precipitación de 871 mm. Los datos climáticos se registraron en la estación meteorológica de la localidad de Canals, con una serie que va desde 1935 hasta 2004.

Descripción de ensayos previos:

Durante las campañas 2011-2012 y 2012-2013, se sembró el cultivo de maíz, sin fertilización química nitrogenada ni fosfatada y con la tecnología de siembra habitual del productor. Se aplicó una dosis promedio, para los dos años, de efluente de tambo sin tratamiento previo de 206.300 L ha⁻¹ (tratamiento D), junto a un testigo sin aplicación (tratamiento T). En el lote se establecieron parcelas de 33 m de largo por 9 m de ancho, asignados a un diseño experimental completamente al azar (DCA), con tres repeticiones. La aplicación de efluente en la parcela se realizó mediante tanque presurizado, sobre el suelo sin incorporación tres días previos a la siembra de maíz. En la Tabla 2 se presentan la composición química del efluente de tambo aplicado.

Tabla 2: Composición del efluente aplicado

| Ciclo de ensayo | Densidad (Mg/ha) | MS (%) | MO (%) | Nte (%) | pH 1:2.5 | C. E. dS/m |
|-----------------|---------------------|-----------|-----------|------------|-------------|---------------|
| 2011-2012 | 0,97 | 31 | 20 | 1,5 | 6,84 | 22,3 |
| 2012-2013 | 0,97 | 30 | 19,6 | 1,86 | 7,53 | 18,2 |

MS: Materia Seca, MO: Materia orgánica, Nt: Nitrógeno total en el efluente, CE: conductividad eléctrica

Descripción del ensayo correspondiente a este trabajo:

Sobre el rastrojo de maíz del segundo ciclo, fue implantado un cultivo de soja, en noviembre de 2014 con una distancia entre hileras de 0,525 metros. Se sembró el cultivar de variedad de Nidera 5009 RG de ciclo indeterminado. Para este ensayo, el largo de la parcela fue el mismo que se había realizado en la experiencia anterior: 33 m de largo por 9 m de ancho, sin aplicación de fertilización nitrogenada o fosfatada ni mineral ni orgánica. El cultivo fue cosechado en el mes de abril de 2015. A continuación se describen las mediciones realizadas.

Mediciones en el suelo:

Se realizaron muestreos de suelo antes de la siembra de soja (julio 2014) para evaluar la residualidad de la aplicación de efluente durante dos años consecutivos. La escala espacial de muestreos responde a un esquema aleatorio simple. Se tomaron muestras compuestas de suelo en cinco profundidades de 0 a 10 cm (horizonte A1), 10 a 20 cm (horizonte A2), 20 a 40 cm (horizonte Bw), 60 a 70 cm (horizonte C) y 300 cm (horizonte Ck). Estos análisis se realizaron para las muestras de 3 repeticiones por tratamiento. La extracción de las muestras para los análisis a nivel del suelo se realizó con barreno. En las muestras de suelo se determinó:

- Nitrógeno de nitratos (N-NO₃) en horizontes A1, A2, Bw y C y lixiviación de N-NO₃ a los 300 cm en el horizonte Ck. Las muestras fueron acondicionadas en conservadoras a bajas temperaturas en el campo y luego almacenadas en heladera. Los datos de Nitratos se obtuvieron a través del método colorímetro del fenoldisulfónico (Keeney y Nelson, 1982).

- Fósforo disponible (P) en horizontes A1, A2, Bw y C, a través del método Bray I (Page *et al.*, 1982), usando una solución extractora, (0,03 M NH₄F + 0,025 M HCl) que evalúa principalmente la fracción inorgánica lábil.

- Materia orgánica en los primeros dos horizontes (A1 y A2) por el método de Walkley y Black (Nelson y Sommer, 1982).

- Densidad aparente con el método del cilindro (Klute, 1986).

Las mediciones realizadas en parte por millón (ppm) o en porcentaje (%) se llevaron a kg ha⁻¹ utilizando el dato de DAP.

Medición en el cultivo:

Para realizar los muestreos en el cultivo de soja se tomó como unidad de muestra 1 m², que dividido por 0,52 (distancia entre hileras) determina la distancia lineal equivalente de muestreo que resulta 1,92 m.

Se extrajeron de manera manual 3 muestras de plantas (22 plantas por muestra en promedio) por tratamiento, en el estado fenológico R8 del cultivo. A cada muestra se realizaron las siguientes determinaciones:

- Características morfológicas y algunos componentes del rendimiento del cultivo: altura de plantas, número de ramas, número de nudos y número de vainas.
- Rendimiento: se extrajeron granos de manera manual, se pesaron y calculó el rendimiento por hectárea de cada muestra. Posteriormente, se extrajo una alícuota de granos de cada muestra, con el objetivo de realizar determinaciones de humedad para corregir el peso. El rendimiento se ajustó a un contenido de humedad de 13,5%.
- Proteína del grano: se extrajo una alícuota de granos de cada muestra y se midió el nitrógeno total por Kjeldhal (Page *et al.*, 1982). Luego a través de un factor de conversión se determinó el porcentaje de proteína en el grano mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Proteínas} = P2/P0 \times 100 \times F$$

P2: Nitrógeno (mg), **P0:** Peso de la muestra (mg), **F:** Factor proteínico -5,7-

ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante ANAVA y separación de medias según el test de Fisher al 5% de probabilidad. Se utilizó el paquete de análisis estadísticos InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto residual de la aplicación de efluentes de tambo en el contenido de materia orgánica del suelo

Los valores porcentuales del contenido de materia orgánica del suelo (MOS), de cada tratamiento (D y T), no presentaron diferencias estadísticamente significativas para los horizontes A1 (0-10) y A2 (10-20 cm), al inicio del cultivo de soja (Noviembre 2014) como puede observarse en la Tabla 3.

Tabla 3: Promedios de materia orgánica expresada en porcentaje y comparación de medias entre tratamientos, para los horizontes A1 (0-10) y A2 (10-20 cm), en la campaña 2014-2015

| Tratamiento | Profundidad (cm) | | | |
|-------------|----------------------|----|----------------------|----|
| | 0-10 | | 10-20 | |
| | materia organica (%) | Ds | materia organica (%) | Ds |
| D | 2,10 | A | 1,72 | A |
| T | 2,37 | A | 1,83 | A |

D: con aplicación de efluente de tambo, T: sin aplicación de efluente de tambo, Ds: Diferencia significativa
Letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas, ($p > 0,05$)

Resultados similares fueron obtenidos por Gambaudo *et al.*, (2014), quienes no encontraron cambios en el contenido de materia orgánica con la aplicación de efluentes de tambo. Sin embargo se contraponen a los resultados obtenidos por Fontanetto *et al.*, (2010), Gambaudo *et al.*, (2011) e Imhoff *et al.*, (2011) quienes determinaron aumentos de materia orgánica del suelo al regar con efluente de tambo cultivos de alfalfa, maíz y sorgo respectivamente. Por otro lado Salazar *et al.*, (2009) también lograron aumentos en la materia orgánica hasta los 15 cm de profundidad del suelo, con aplicaciones de 120 y 160 Mg ha⁻¹ de estiércol bovino.

Contenido de N-NO₃ residual en el suelo

El contenido de N-NO₃ residual del horizonte A1 (0-10 cm), A2 (10-20 cm) y Bw (20-40 cm) presentó diferencias significativas entre tratamientos. En cambio en el horizonte C (40-70 cm) y Ck (300 cm) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en relación a la cantidad de N-NO₃ entre tratamientos, al inicio del cultivo de soja (noviembre 2014). Estos resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Contenidos medios de N-NO₃ residual en ppm y comparación de medias entre tratamientos con LSD Fisher, para los horizontes A1 (0-10 cm), A2 (10-20 cm), Bw (20-40 cm), C (40-70 cm) y Ck (300 cm) en la campaña 2014-2015

| Tratamiento | Profundidad (cm) | | | | | | | | | |
|-------------|-------------------------|----|-------------------------|----|-------------------------|----|-------------------------|----|-------------------------|----|
| | 0-10 | | 10-20 | | 20-40 | | 40-70 | | 300 | |
| | N-NO ₃ (ppm) | Ds | N-NO ₃ (ppm) | Ds | N-NO ₃ (ppm) | Ds | N-NO ₃ (ppm) | Ds | N-NO ₃ (ppm) | Ds |
| D | 22,25 | A | 14,15 | A | 9,53 | A | 3,04 | A | 1,72 | A |
| T | 9,28 | B | 3,54 | B | 1,99 | B | 2,36 | A | 1,73 | A |

D: con aplicación de efluente de tambo, T: sin aplicación de efluente de tambo, Ds: Diferencia significativa, N NO₃: nitrógeno de nitrato. Letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas, ($p > 0,05$)

En general el contenido de nitratos en el suelo disminuyó con la profundidad, por lo que los valores más altos de N-NO₃ se registraron en los horizontes superficiales (A1, A2 y Bw). Los incrementos de N-NO₃ de los primeros 40 cm de suelo en las parcelas tratadas, fueron de 31,12 ppm con respecto al testigo, esto representa un 310% de aumento. A partir de ésta profundidad, no se observa un aumento de N en las parcelas que fueron tratadas con efluente, por lo que se corrobora que no habría lixiviación por aplicación, hecho que se confirma cuando se mide nitrógeno de nitratos a los 3 metros de profundidad. La presencia de mayor contenido de nitratos en superficie se explicaría por la mineralización de la materia orgánica del suelo, que es más intensa en los primeros centímetros del perfil, debido al mayor contenido de ésta y a la exposición a condiciones ambientales de temperatura, humedad y aireación que favorecen una mayor actividad enzimática y se refleja en una mayor nitrificación (Salazar *et al.*, 1998, Plasencia y Corbella., 2002).

Estos resultados coinciden con Salazar *et al.*, (2009) quienes determinaron que la máxima concentración de N-NO₃ se obtuvo a los 7,5 cm y la mínima concentración a los 120 cm de profundidad. Salazar *et al.*, (2003), observaron que los valores medios de N-NO₃ fueron más elevados en los primeros centímetros de suelo en parcelas fertilizadas con N mineral, que en parcelas sin fertilizar. Asimismo, Diez, (2010) y Masino *et al.*, (2014) registraron aumentos en el contenido de N-NO₃ con el agregado de efluentes, principalmente en los primeros 20 cm del perfil, alcanzando valores de 33 kg ha⁻¹.

Si bien no hubo diferencia en el contenido de N en profundidad entre tratamientos, si se encontró presencia de N en ambos, lo cual podría deberse al uso de fertilizantes nitrogenados en los sucesivos ciclos productivos a través de los años (Gomez *et al.*, 2006; Blarasín *et al.*, 2006; Matteoda *et al.*, 2008).

Los niveles adicionales de N-NO₃ residual que se observan en el tratamiento D, al comparar los dos tratamientos, permiten presumir que son producto de la aplicación de efluente de tambo en ensayos previos.

Stock de fósforo residual en el suelo

Los resultados del análisis de fósforo disponible en el suelo al inicio del cultivo de soja (noviembre 2014) determinan que hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para el horizonte A1 (0-10 cm), A2 (10-20 cm) y Bw (40 cm de profundidad). A partir de los 60 cm de profundidad (horizonte C) no se observan diferencias entre el sitio con y sin aplicación de efluente de tambo.

Tabla 5: Fósforo disponible promedio (Bray-1) y comparación de medias entre tratamientos con LSD Fisher, para los horizontes A1 (0-10 cm), A2 (10-20 cm), Bw (20-40 cm) y horizonte C (40-70 cm en la campaña 2014-2015

| Tratamiento | Profundidad (cm) | | | | | | | |
|-------------|------------------|----|---------|----|---------|----|---------|----|
| | 0-10 | | 10-20 | | 20-40 | | 60-100 | |
| | P (ppm) | Ds | P (ppm) | Ds | P (ppm) | Ds | P (ppm) | Ds |
| D | 58,5 | B | 30,8 | B | 14,7 | B | 6,4 | A |
| T | 33,9 | A | 17,2 | A | 8,6 | A | 6,6 | A |

D: con aplicación de efluente de tambo, T: sin aplicación de efluente de tambo, Ds: Diferencia significativa, P: fósforo
Letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas, ($p > 0,05$)

Los incrementos de P en los primeros 20 cm del suelo en el tratamiento D fue de 38.1 ppm con respecto al testigo, como se aprecia en la tabla 5.

Los resultados obtenidos coinciden con diferentes experiencias en Argentina y otras regiones el mundo que reportan aumentos del contenido en el stock de P disponible en el suelo con el agregado de efluente, enmiendas orgánicas y fertilización mineral (Berardo y Marino, 2000; Fontanetto *et al.*, 2003; Salvagiotti *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2006; Fontanetto *et al.*, 2010; Vivas *et al.*, 2011, Hernández *et al.*, 2009; Ferraris *et al.*, 2015).

Efecto residual sobre el cultivo de soja por la aplicación del efluente

Los resultados obtenidos señalan que la aplicación de efluentes de tambo en ensayos previos, produjo incrementos estadísticamente significativos en algunos aspectos morfológicos, componentes del rendimiento y rendimiento de granos. En la Tabla 6 se presentan los resultados de las evaluaciones sobre la altura de plantas, número de ramas, número de nudos y número de vainas.

Tabla 6: Valores promedios de altura de plantas y número de ramas, nudos y vainas y comparación de medias con LSD Fisher

| Tratamiento | Altura (cm) | Ds | Numero de ramas | Ds | Numero de nudos | Ds | Numero de vainas | Ds |
|-------------|-------------|----|-----------------|----|-----------------|----|------------------|----|
| D | 43,2 | A | 3,1 | A | 28,9 | A | 58,2 | A |
| T | 37,5 | B | 2,6 | A | 25,8 | A | 43,2 | B |

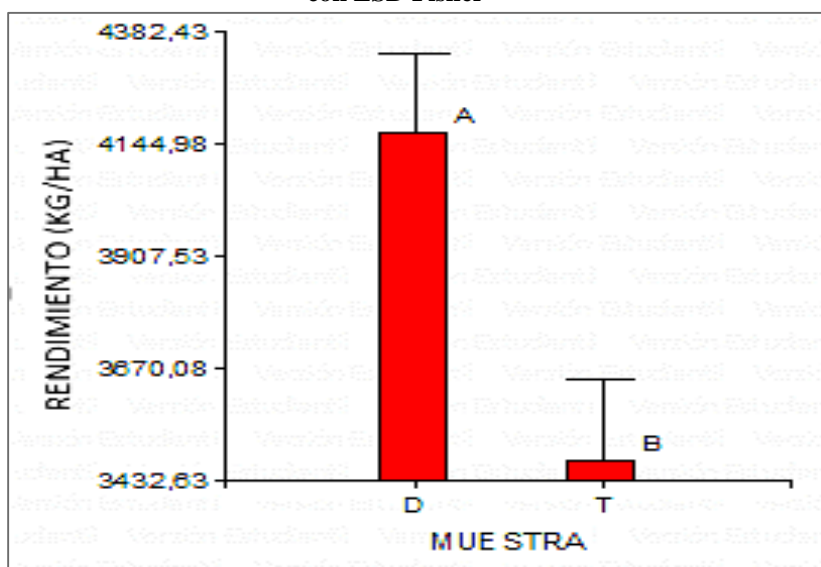
D: con aplicación de efluente de tambo, T: sin aplicación de efluente de tambo, Ds: Diferencia significativa
Letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas, ($p > 0,05$)

Los resultados indican diferencias estadísticamente significativas en la altura y el número de vainas promedio de las plantas. Con respecto a la altura en el tratamiento D fue de 43,2 cm, mientras que en el tratamiento T fue de 37,5 cm, dando una diferencia de 5,7 cm. El número de vainas presenta valores de 58,2 y 43,2 vainas en D y T respectivamente, con una diferencia de 15 vainas promedio.

Quevedo, (2005) concluyó que el agregado de P incrementó la altura de la planta, el número de vainas, el número de granos y el rendimiento de este cultivo, en suelos con bajos niveles de P extractable. Si bien no es comparable con esta experiencia se ha de aceptar que el P promueve los componentes del rendimiento. Por otro lado Gambaudo *et al.*, (2014) demostraron que el agregado de 160.000 L ha⁻¹ de efluente de tambo en sorgo, produjo incrementos de 30% en tallo; 27% en hojas, 81% en panojas, con respecto al testigo sin efluente. También Charlón *et al.*, (2004) encontraron aumentos en la altura de trigo, con la aplicación de efluente de tambo y urea.

Los resultados obtenidos sobre el efecto en el rendimiento del cultivo se muestran en la Figura 1. Se observa que el rendimiento promedio del cultivo, en el tratamiento con aplicación de efluente en las campañas previas, fue de 4162,28 kg ha⁻¹, mientras que en el tratamiento testigo fue de 3468,05 kg ha⁻¹. Esto representa una diferencia estadísticamente significativa de 694,23 kg ha⁻¹, equivalente a un 16,6 % de aumento del rendimiento en el tratamiento con efluente, con respecto a aquel que nunca fue tratado.

Figura 1: Rendimiento promedio del cultivo de soja bajo diferentes tratamientos y comparación de medias con LSD Fisher



D: con aplicación de efluente de tambo, T: sin aplicación de efluente de tambo, Letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas, ($p > 0,05$)

Resultados similares fueron encontrados por Fontanetto *et al.*, (2010) quienes reportaron efectos en el rendimiento de trigo con efecto residual sobre soja de segunda, con incrementos de 716 y 509 kg ha⁻¹ respectivamente, por la aplicación previa de efluente de tambo al suelo. Por otro lado, sobre maíz forrajero, Delgado *et al.*, (2010) y Salazar *et al.*, (2009) realizando aplicaciones de estiércol, en dosis estimadas para cubrir el requerimiento de N del cultivo, obtuvieron rendimientos de materia seca iguales o mayores al uso de fertilizante. En ensayos sobre alfalfa, Charlón *et al.*, (2009) no encontraron diferencias significativas en la producción acumulada de materia seca. A si mismo hubo una tendencia a una mayor acumulación de MS cuando se utilizó fertilización orgánica, frente a la fertilización química. Por su parte Sosa *et al.*, (2010) hallaron mayores rendimientos en el cultivo de maíz aplicando efluente de tambo líquido, en comparación al testigo sin fertilizar. Del mismo modo Imhoff *et al.*, (2011) elaboraron investigaciones sobre sorgo, aplicando efluente de tambo, y hallaron incrementos del 26% en la producción de materia seca.

Los resultados de esta experiencia muestran un aumento del 16,6% en el rendimiento del cultivo como efecto residual de la aplicación de efluentes de tambo. Sin embargo, no resulta tan claro asociar este incremento a la disponibilidad de nutrientes. En el caso de N, la soja presenta requerimientos muy elevados, pero una gran parte de este requerimiento entre el 30 a 70 % de las necesidades totales de N (González, 1996) es cubierto vía FBN, a través de la simbiosis soja – Bradyrhizobium. (Purcell, 1999). Este cultivo por lo general no responde a agregados de nitrógeno, ya que la FBN es más eficiente con niveles bajos de disponibilidad del nutriente en el suelo. Altos niveles de N en el suelo por acumulación

durante el barbecho o por fertilización resultan en menores cantidades de N fijado vía FBN (Scheiner *et al.*, 1999) (Bodrero *et al.*, 1984). En el caso de P, el suelo se encontraba con altos niveles de éste nutriente, y está demostrado que no hay respuesta en el rendimiento con contenidos a la siembra de P mayor a 18 ppm (Díaz Zorita, 2002; Espósito *et al.* 2008). En tal sentido, se puede especular que la respuesta se debió a los efectos integrados y sinérgicos de nitrógeno (Figueroa-Viramontes *et al.*, 2010; Sosa *et al.*, 2010; Salazar *et al.*, 2009; Diez., 2010) y fósforo (Fontanetto *et al.*, 2010, Sosa *et al.*, 2014; Horodesky y Degioanni, 2014; Gambaudo *et al.*, 2011) residuales que ha aportado el efluente de tambo. Además, las aplicaciones de éstos residuos ganaderos producen mejoras en las propiedades físicas del suelo, como la aireación, infiltración del agua, retención de humedad (Fontanetto *et al.*, 2010; Mónaco *et al.*, 2008; Schröder *et al.*, 2007, Khan *et al.*, 2007, La Manna, 1995) y originan aumentos en la población de microorganismos edáficos que mejoran la disponibilidad de nutrientes y controlan microorganismos patógenos para el cultivo (Salazar *et al.*, 1998; Conforto *et al.*, 2010; La Manna, 1995).

Efecto sobre el contenido de proteína en grano.

Los resultados muestran, que no se produce un incremento estadísticamente significativo en el porcentaje de proteína en el grano de soja, comparando los 2 tratamientos.

Tabla 7: Porcentaje de proteína bruta y gramos de nitrógeno en el grano de soja y comparación de medias con LSD Fisher

| Tratamiento | Gramos de Nitrógeno/100gMS | Ds | % Proteína Bruta | Ds |
|--------------------|-----------------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
| D | 4,89 | A | 30,58 | A |
| T | 4,74 | A | 29,60 | A |

D: con aplicación de efluente de tambo, T: sin aplicación de efluente de tambo, Ds: Diferencia significativa
Letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas, (p > 0,05)

Como se observa en la Tabla 8, el porcentaje de proteína en T es de 29,60 % y en D es de 30,58 %, con una diferencia de 0,98 % entre ellos. Aunque no hay una diferencia estadística entre tratamientos, se manifiesta una tendencia al aumento de proteína en grano en el tratamiento con aplicación previa de efluente de tambo.

Resultados similares fueron encontrados por Soldini *et al.*, (2009), quienes fertilizaron con diferentes dosis de superfosfato simple de calcio un cultivo de soja, no encontrando diferencias estadísticamente significativas en el contenido de proteína del grano entre tratamientos. Por su parte Martínez y Cordone, (1999) encontraron diferencias en el contenido de proteína del grano de soja, bajo

diferentes formas de fertilización, analizando una red de ensayos del AER INTA Casilda, que desarrollo en el centro sur de la provincia de Santa Fe.

CONCLUSIONES

- La aplicación al suelo de efluentes de la producción bovina de leche durante dos años consecutivos no modificó su contenido de materia orgánica.
- La utilización de ésta enmienda orgánica en campañas previas, generó aumentos del stock de N-NO₃ residual en los horizontes A1, A2 y Bw con respecto al testigo.
- Las dosis aplicadas de efluentes durante dos campañas agrícolas previas en un Haplustol típico franco arenoso no generaron transferencia de N-NO₃ a los horizontes más profundos.
- El efecto residual del efluente de tambo generó aumentos del stock de P al inicio de la experiencia para el horizonte A1, A2 y Bw con respecto al testigo.
- La aplicación de efluentes sobre el cultivo de soja no modificó el número de nudos y de ramas, pero produjo diferencias significativas y positivas en altura de la planta, número de vainas y rendimiento en granos.
- No se pudo explicar el incremento del rendimiento desde la oferta de N y P.
- El contenido de proteína en grano no tuvo un aumento estadísticamente significativo entre tratamientos.
- La utilización de los efluentes generados en las instalaciones de ordeño son una alternativa viable para reutilizarlos dentro del sistema y evitar una fuente de contaminación, solucionando en buena medida el destino final de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

AMÍN, M. S., A. J. DEGIOANNI y E. BONADEO. 2014. Recuperación del nitrógeno residual de la producción de leche. *European Scientific Journal*, 10(27).

BERARDO, A., y M. A. MARINO 2000. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la disponibilidad de P y su relación con la producción de forraje en molisoles del sudeste bonaerense. II-ALFALFA.

BLARASÍN, M., G. DAMILANO, A. CABRERA y E. MATTEODA. 2006. Hidrogeoquímica del acuífero freático en un agroecosistema y consideraciones sobre el cálculo de la línea de base de la calidad del agua. *VIII Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea*. Paraguay.

BODRERO M., R. MARTIGNONE Y L. MACOR. 1984. Efecto de la fertilización nitrogenada en soja. *Ciencia del Suelo* 2:212-214.

CHARLÓN, V., L. A. ROMERO, A. L. CUATRÍN y M. A. TAVERNA. 2004. Efecto de la utilización de los residuos orgánicos en un verdeo de invierno. In *Congreso Argentino de Producción Animal*. 27. 2004 10 20-22, 20 al 22 de Octubre de 2004. Tandil, Buenos Aires. AR.

CHARLÓN, V., L. A. ROMERO, A. L. CUATRÍN, M. A. TAVERNA y R. INTA EEA. 2009. Efecto de la utilización de residuos orgánicos en la producción de una pastura de alfalfa. In *Congreso Argentino de Producción Animal*. 32. 2009 10 14-16, 14 al 16 de octubre de 2009. Malargüe, Mendoza. AR.

CODIGO ALIMENTARIO ARGENTINO. 2007. Capítulo XII: Bebidas hídricas, agua y agua gasificada.

CONFORTO, E. C., G. FIGONI, A. ROVEA, M. BOXLER, C. ODDINO, J. GARCÍA y S. V. GIL. 2010. Evaluación del efecto de la fertilización sobre las comunidades microbianas edáficas. In *Actas 22 Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Rosario, Argentina. En CD.

DAMODAR REDDY, D., A. SUBBA RAO y T.R. RUPA. 2000. Effects of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yields and soil organic phosphorus in a Vertisol. *Bioresource Technology*, 75 (2): 113-118.

DAMODAR REDDY, D., A. SUBBA RAO, K. SAMMI REDDY y P.N. TAKKAR. 1999. Yield sustainability and phosphorus utilization in soybean-wheat system on Vertisols in response to integrated use of manure and fertilizer phosphorus. *Field Crops Research*, 62, 181-190.

DE PRADA, J. 2009 “Diagnóstico y Propuesta de Desarrollo Lácteo de San Basilio” Municipalidad de San Basilio. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Río Cuarto.

DELGADO, J. A., J.A. CUETO-WONG, R. FAZ-CONTRERAS, D.G. RETA-SÁNCHEZ, G. NÚÑEZ-HERNÁNDEZ, U. FIGUEROA-VIRAMONTES y H.M. QUIROGA-GARZA. 2010. Estiércol

de bovino lechero sobre el rendimiento y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero. *Terra Latinoamericana*, 28(4): 361-369.

DI RIENZO, J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M. y C.W. ROBLEDO. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

DÍAZ ZORITA, M. 2002. La fertilización de soja y trigo/soja en la región pampeana: Red del proyecto Fertilizar INTA. Actas de la Jornada de actualización para profesionales "Fertilidad 2002", *INPOFOS*. Cono Sur, Rosario, Argentina.:37-42. En: ESPÓSITO, G. P., CASTILLO, C. A., BALBOA, G. R., y BALBOA, R. G. 2008. Nivel crítico de fósforo y azufre en suelos del sur de Córdoba para el cultivo de soja. *Agronómicas#* 43, 16.

DIEZ, M. 2010. Manejo de los efluentes originados en tambo: una experiencia en el este de La Pampa. *Informaciones agronómicas del Cono Sur-Instituto de la Potasa y el Fósforo (Argentina)*. 47:16-18.

ESPÓSITO, G. P., CASTILLO, C. A., BALBOA, G. R., & BALBOA, R. G. 2008. Nivel crítico de fosforo y azufre en suelos del sur de Córdoba para el cultivo de soja. *Agronómicas#* 43, 16.

FERGUSON, RB., J.A. NIENABER., R.A. EIGENBERG y B.L. WOODBURY. 2005. Long-term effects of sustained beef feedlot manure application on soil nutrients, corn silage yield, and nutrient uptake. *Journal of environmental quality*. 34 (5): 1672-1681.

FERRARIS, G.N., M. TORIBIO, R. FALCONI y F. MORIONES. 2015. Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos, el balance de nutrientes y su disponibilidad en los suelos en el largo plazo. IAH 19 - Septiembre 2015. Versión Cono Sur.

FIGUEROA-VIRAMONTES, U., CUETO-WONG, J. A., DELGADO, J. A., NÚÑEZ-HERNÁNDEZ, G., RETA-SÁNCHEZ, D. G., QUIROGA-GARZA, H. M y MÁRQUEZ-ROJAS, J. L. 2010. Estiércol de bovino lechero sobre el rendimiento y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 361-369.

FONTANETTO, H., H. S. VIVAS, R. ALBRECHT y J. L. HOTIÁN. 2003. La fertilización con N, P y S y su residualidad en una secuencia agrícola de la región central de Santa Fe. Efecto sobre el rendimiento de granos. In Simposio. El Fósforo en la Agricultura Argentina. Inpofos Cono Sur. Bolsa de Comercio de Rosario (Vol. 8).

FONTANETTO, H., S. GAMBAUDO, V. CHARLÓN, M. TAVERNA, S. IMHOFF y O. ZEN. 2010. Manejo y utilización de los efluentes de sistemas ganaderos.

GAMBAUDO, S., H. FONTANETTO, N. SOSA, G. GIANINETTO y E. WEDER. 2011. Enmiendas orgánicas para mejorar la fertilidad de los suelos. Planteos ganaderos en siembra directa. *Revista técnica de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa*.

GAMBAUDO, S., S. IMHOFF, M. E. CARRIZO, M. MARZETTI y S. RACCA. 2014. Uso de efluentes líquidos de tambo para mejorar la productividad de cultivos anuales y la fertilidad del suelo. *Ciencia del suelo*, 32(2), 197-208.

GOMEZ, M., M. BLARASÍN, A. CABRERA y E. MATTEODA. 2006. Variaciones de nivel freático y contaminación del acuífero en la zona de Coronel Moldes. Córdoba. *Memorias 1º Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua*. Argentina.

GONZÁLEZ N. 1996. Fijación de nitrógeno. En Curso de Actualización “Dinámica de nutrientes en suelos agrícolas”. EEA INTA Balcarce.

HERNÁNDEZ, C. F., SOSA, F. A., SANZANO, G. A., MORANDINI, M., ROJAS QUINTEROS, H y DEVANI, M. R. 2009. Efecto de distintas alternativas de fertilización fosfatada en la secuencia trigo-soja sobre el fósforo asimilable y los rendimientos en la provincia de Tucumán, Argentina. *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, 86(2), 31-36.

HERRERO, M. A. 2010. Efluentes del tambo, *¿Algo molesto a eliminar o un recurso a utilizar?* Producir XXI, Bs. As., 19(230):68-71.

HERRERO, M. A. 2014. Uso y manejo del agua y efluentes en un área rural: consecuencias sanitarias y ambientales de la intensificación de la producción primaria de leche. *Universidad de Buenos Aires. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Catedra de Salud Pública e Higiene Ambiental*.

HORODESKY S y DEGIOANNI A. 2014. Efecto de la aplicación de efluentes de tambo sobre el stock de fósforo. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo II Reunión Nacional “Materia Orgánica y Sustancias Húmicas”. Bahía blanca. Argentina.

IMHOFF, S., GIBERTO, P., CARRIZO, M. E., CHARLÓN, V., ZEN, O y GAMBAUDO, S. 2011. Uso alternativo de efluentes de tambo para disminuir el impacto ambiental. In *V Congreso Iberoamericano sobre Desarrollo y Ambiente de REDIBEC y V Jornadas de la Asociación Argentino-Uruguay de Economía Ecológica, Santa Fe. Resumen en CD de V CISDA*.

JARSÚN, B., GORGAS, J. A., ZAMORA, E., BOSNERO, H., LOVERA, E., RAVELO, A y TASSILE, J. L. 2006. Recursos naturales de la Provincia de Córdoba, Los Suelos. Publ. Téc. Agencia Córdoba Ambiente SE, Córdoba, Argentina.

JOSHI, JR; JF MONCRIEF; JB SWAN y PM BURFORD. 1994. Long-term conservation tillage and liquid dairy manure effects on corn. I. Nitrogen availability. *Soil and Tillage Research* 31: 211-224

KEENEY, D.R. y D. W. NELSON. 1982. Nitrogen, en *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological properties. Agronomy monograph is N° 9, Second edition, pp 643- 693 ASA. ASSA*.

KHAN, AU, M. IQBAL y K.R. ISLAM. 2007. Dairy manure and tillage effects on soil fertility and corn yields. *Bioresource technology*, 98 (10), 1972-1979.

KLUTE, A. 1986. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. Agron. Monographi N° 9 ASA, SSA. Madison, Wisconsin USA.

LA MANNA, A. 1995. Manejo de residuos orgánicos en tambos. Número de volúmenes, 1. 2° Edición ampliada y corregida. Boletín de divulgación 53. INIA.

LEE, C.H.; C.Y. PARK; K.D. PARK; W.T. JEON y P.J. KIM. 2006. Long-term effects of fertilization on the forms and availability of soil phosphorus in rice paddy. *Chemosphere* 56 (3): 299-304.

MARTÍNEZ, F Y G, CORDONE 1999. Impacto de la fertilización en soja sobre la calidad del grano. *AER INTA Casilda, Casilda, Santa Fe, Argentina*.

MASINO, A y V. PEGORARO. 2014. Efecto del efluente porcino como biofertilizante en el rendimiento del cultivo de maíz. *Informe de actualización técnica. EEA Marcos Juárez, (31)*.

MATTEODA E., BLARASIN M., DAMILANO G. y A. CABRERA. 2008. Contaminación por nitratos en el acuífero freático: análisis del fondo natural y relaciones con las actividades de uso del territorio. *IX Congreso ALHSUD Ecuador*.

MÓNACO, S., D.J. HATCH, D. SACCO, C. BERTORA y C. GRIGNANI. 2008. Changes in chemical and biochemical soil properties induced by 11-yr repeated additions of different organic materials in maize-based forage systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 40 (3), 608-615.

NELSON D. W. y L. E. SOMMERS. 1982. Total carbon, Organic carbon and Organic Matter in A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis Chemical and Microbiological Properties Part 2*. Ed Agron. Monogr. 9. ASA, Madison, WI. pp. 539-577.

PAGE, A. L. 1982. *Methods of soil analysis Part 1 Number 9*. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of American, Inc. Segunda edición. Madison, Wisconsin. USA. 1159 p.

PETTIGIANI, E., M. BRAGACHINI y G. GARRIDO. 2013. Potencial Energético de Residuos Biomásicos en la Provincia de Córdoba. Jornadas sobre Generación de Energía a partir de Biomasa (<http://www.apie.com.ar/jornadabiomasa2013/>)

PLASENCIA, A., y R. CORBELLA. 2002. Química del suelo. Cátedra de Edafología. Facultad de agronomía y zootecnia Universidad nacional de Tucumán, 1(1), 10.

PURCELL L. 1999. Physiology, nutrition and fertilization of soybeans in the United States. Anales Simposio "Monitoramiento nutricional para la recomendación de fertilización de cultivos". POTAFOS. Piracicaba, SP, Brasil.

QUEVEDO CAMACHO, J, C. 2005. Fertilización con fósforo y con potasio en soja en la Zona Norte-Integrada de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. *Informaciones agronómicas* No. 28, Diciembre 2005 (19-22).

SALAZAR-SOSA E., W. C. LINDEMANN, M. CÁRDENAS E., y N. B. CHRISTENSEN. 1998. Nitrogen mineralization and distribution through the root zone in two tillage systems under field conditions. *Terra* 16: 163-172.

SALAZAR-SOSA, E., A. BELTRÁN-MORALES, M. FORTIS-HERNÁNDEZ, J. A. LEOS-RODRÍGUEZ, J. A. CUETO-WONG y C. VÁZQUEZ-VÁZQUEZ. 2003. Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de avena forrajera con tres sistemas de labranza. *Terra* 21: 561-567.

SALAZAR-SOSA, E., H.I. TREJO-ESCARREÑO, C. VÁZQUEZ-VÁZQUEZ, J.D. LÓPEZ-MARTÍNEZ, M. FORTIS-HERNÁNDEZ, R. ZUÑIGA-TARANGO y J.P. AMADO-ÁLVAREZ. 2009. Distribución de nitrógeno disponible en suelo abonado con estiércol bovino en maíz forrajero. *Terra Latinoamericana*, 27(4): 373-382.

SALVAGIOTTI, F., GERSTER, G., BACIGALUPPO, S., CASTELLARÍN, J., GALARZA, C., GONZÁLEZ, N y VALLOTE, P. 2005. Efectos residuales y directos de fósforo y azufre en el rendimiento de soja de segunda. *Ciencia del Suelo*, 22(2), 92-101.

SÁNCHEZ, C., SUERO, M. M., CASTIGNANI, H. A., TERÁN, J. C y 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.

SCHEINER J., F. GUTIÉRREZ BOEM Y R. LAVADO. 1999. Experiencias de fertilización desoja en el centro-norte de Buenos Aires. *En Jornada de Actualización Técnica para Profesionales “Fertilización de Soja”*. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires. 39 pág.

SCHRÖDER, JJ, H.F.M. AARTS, J.C. VAN MIDDELKOOP, R.L.M. SCHILS, G.L. VELTHOF, B. FRATERS y W.J. WILLEMS. 2007. Permissible manure and fertilizer use in dairy farming systems on sandy soils in The Netherlands to comply with the Nitrates Directive target. *European Journal of Agronomy*, 27 (1), 102-114.

SOLDINI, D. O., SALINES, L. A y HEREDIA, A. 2009. Fertilización y contenido de proteína en soja. *EEA INTA Marcos Juárez*.

SOSA, N., ALLADIO, M., PAGNAN, F., ORCELLET, J.M. y S. GAMBAUDO. 2014. Evaluación de aplicación de residuos sólidos de tambo en cultivo de maíz. *Planteos Ganaderos 2015*, Aapresid, p. 54-58.

SOSA, N., S. GAMBAUDO, H. FONTANETTO y O. KELLER. 2010. Aplicación de enmienda orgánica en un cultivo de maíz. *Publicación miscelánea. EEA Rafaela*, (118).

VIVAS, H. S., CANDIOTI, N. V., ALBRECHT, R., MARTINS, L y HOTIÁN, J. L. 2011. Fertilización con fósforo y Azufre en rotación de cultivos del centro de Santa Fe, Argentina: Beneficios productivos y económicos y evolución del P extractable. *Entrenamiento y crédito como generadores de cambios sociales y ambientales en el cultivo de café—cuatro años después*, 17.

ANEXO.

Análisis de la varianza y comparación de medias:

Efecto residual de la aplicación de efluentes de tambo en el contenido de materia orgánica del suelo.

| PROFUNDIDAD DE 0-10 | | | | | |
|--|--------|----------------|-------------------|--------|---------|
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| 0 | 6 | 0,82 | 0,78 | 23,42 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 252,2 | 1 | 252,2 | 18,5 | 0,0126 |
| muestra | 252,2 | 1 | 252,2 | 18,5 | 0,0126 |
| Error | 54,53 | 4 | 13,63 | | |
| Total | 306,74 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=8,37047 | | | | | |
| Error: 13,6337 gl: 4 | | | | | |
| muestra | Medias | n | E.E. | | |
| D | 22,25 | 3 | 2,13 | A | |
| T | 9,28 | 3 | 2,13 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) | | | | | |
| PROFUNDIDAD DE 10-20 | | | | | |
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| 10 | 6 | 0,98 | 0,97 | 10,56 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 168,96 | 1 | 168,96 | 193,77 | 0,0002 |
| muestra | 168,96 | 1 | 168,96 | 193,77 | 0,0002 |
| Error | 3,49 | 4 | 0,87 | | |
| Total | 172,45 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,11687 | | | | | |
| Error: 0,8720 gl: 4 | | | | | |
| muestra | Medias | n | E.E. | | |
| D | 14,15 | 3 | 0,54 | A | |
| T | 3,54 | 3 | 0,54 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) | | | | | |
| PROFUNDIDAD DE 20-40 | | | | | |
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| 20 | 6 | 0,97 | 0,97 | 12,94 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 85,43 | 1 | 85,43 | 153,89 | 0,0002 |
| muestra | 85,43 | 1 | 85,43 | 153,89 | 0,0002 |
| Error | 2,22 | 4 | 0,56 | | |
| Total | 87,65 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,68905 | | | | | |
| Error: 0,5551 gl: 4 | | | | | |
| muestra | Medias | n | E.E. | | |
| D | 9,53 | 3 | 0,43 | A | |
| T | 1,99 | 3 | 0,43 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) | | | | | |

Contenido de N-NO₃residual en el suelo.

| PROFUNDIDAD DE 0-10 | | | | | |
|--|--------|----------------|-------------------|-------|---------|
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| 0 | 6 | 0,62 | 0,53 | 3,58 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 0,04 | 1 | 0,04 | 6,54 | 0,0628 |
| muestra | 0,04 | 1 | 0,04 | 6,54 | 0,0628 |
| Error | 0,02 | 4 | 0,01 | | |
| Total | 0,06 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,17730 | | | | | |
| Error: 0,0061 gl: 4 | | | | | |
| muestra | Medias | n | E.E. | | |
| T | 2,26 | 3 | 0,05 | A | |
| D | 2,1 | 3 | 0,05 | A | |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) | | | | | |
| PROFUNDIDAD DE 10-20 | | | | | |
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| 10 | 6 | 0,47 | 0,34 | 4,17 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 0,02 | 1 | 0,02 | 3,52 | 0,1337 |
| muestra | 0,02 | 1 | 0,02 | 3,52 | 0,1337 |
| Error | 0,02 | 4 | 0,01 | | |
| Total | 0,04 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,16761 | | | | | |
| Error: 0,0055 gl: 4 | | | | | |
| muestra | Medias | n | E.E. | | |
| T | 1,83 | 3 | 0,04 | A | |
| D | 1,72 | 3 | 0,04 | A | |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) | | | | | |
| PROFUNDIDAD DE 20-40 | | | | | |
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| 20 | 6 | 0,22 | 0,02 | 18,48 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 0,06 | 1 | 0,06 | 1,11 | 0,3518 |
| muestra | 0,06 | 1 | 0,06 | 1,11 | 0,3518 |
| Error | 0,2 | 4 | 0,05 | | |
| Total | 0,26 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,50977 | | | | | |
| Error: 0,0506 gl: 4 | | | | | |
| muestra | Medias | n | E.E. | | |
| T | 1,31 | 3 | 0,13 | A | |
| D | 1,12 | 3 | 0,13 | A | |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) | | | | | |

| PROFUNDIDAD A 70 | | | | | |
|--|--------|----------------|-------------------|-------|---------|
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| 70 | 6 | 0,07 | 0 | 56,88 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 0,7 | 1 | 0,7 | 0,3 | 0,6146 |
| muestra | 0,7 | 1 | 0,7 | 0,3 | 0,6146 |
| Error | 9,42 | 4 | 2,36 | | |
| Total | 10,12 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,47952 | | | | | |
| Error: 2,3559 gl: 4 | | | | | |
| muestra | Medias | n | E.E. | | |
| D | 3,04 | 3 | 0,89 | A | |
| T | 2,36 | 3 | 0,89 | A | |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) | | | | | |

| PROFUNDIDAD A 300 | | | | |
|--|--------|----|------|---|
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,37073 | | | | |
| Error: 0,8009 gl: 90 | | | | |
| MUESTREO | Medias | n | E.E. | |
| T | 1,73 | 46 | 0,13 | A |
| D | 1,72 | 46 | 0,13 | A |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) | | | | |

Fósforo residual en el suelo.

| PROFUNDIDAD DE 0-10 | | | | | |
|--|--------|----------------|-------------------|--------|---------|
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| 0 | 6 | 0,98 | 0,97 | 4,99 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 903,81 | 1 | 903,81 | 169,96 | 0,0002 |
| PRIMER AÑO | 903,81 | 1 | 903,81 | 169,96 | 0,0002 |
| Error | 21,27 | 4 | 5,32 | | |
| Total | 925,08 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,22764 | | | | | |
| Error: 5,3177 gl: 4 | | | | | |
| PRIMER AÑO | Medias | n | E.E. | | |
| D | 58,48 | 3 | 1,33 | A | |
| T | 33,93 | 3 | 1,33 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) | | | | | |
| PROFUNDIDAD DE 10-20 | | | | | |
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| 10 | 6 | 0,9 | 0,88 | 11,47 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 276,35 | 1 | 276,35 | 36,48 | 0,0038 |
| PRIMER AÑO | 276,35 | 1 | 276,35 | 36,48 | 0,0038 |
| Error | 30,31 | 4 | 7,58 | | |
| Total | 306,66 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=6,23980 | | | | | |
| Error: 7,5763 gl: 4 | | | | | |
| PRIMER AÑO | Medias | n | E.E. | | |
| D | 30,79 | 3 | 1,59 | A | |
| T | 17,22 | 3 | 1,59 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) | | | | | |

| PROFUNDIDAD DE 20-40 | | | | | |
|--|--------|----------------|-------------------|------|---------|
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| 20 | 6 | 0,89 | 0,86 | 11,4 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 55,33 | 1 | 55,33 | 31,3 | 0,005 |
| PRIMER AÑO | 55,33 | 1 | 55,33 | 31,3 | 0,005 |
| Error | 7,07 | 4 | 1,77 | | |
| Total | 62,4 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,01397 | | | | | |
| Error: 1,7676 gl: 4 | | | | | |
| PRIMER AÑO | Medias | n | E.E. | | |
| D | 14,7 | 3 | 0,77 | A | |
| T | 8,62 | 3 | 0,77 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) | | | | | |
| PROFUNDIDAD DE 60-100 | | | | | |
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| 70 | 6 | 0,02 | 0 | 15,3 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 0,09 | 1 | 0,09 | 0,09 | 0,7803 |
| PRIMER AÑO | 0,09 | 1 | 0,09 | 0,09 | 0,7803 |
| Error | 3,99 | 4 | 1 | | |
| Total | 4,08 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,26431 | | | | | |
| Error: 0,9977 gl: 4 | | | | | |
| PRIMER AÑO | Medias | n | E.E. | | |
| T | 6,65 | 3 | 0,58 | A | |
| D | 6,41 | 3 | 0,58 | A | |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) | | | | | |

Efecto residual de la aplicación de efluente de tambo sobre morfología, algunos componentes del rendimiento y rendimiento del cultivo de soja.

| VAINAS | | | | | |
|--|-----------|----------------|-------------------|-------|---------|
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| VAINAS | 142 | 0,07 | 0,06 | 52,41 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 7583,89 | 1 | 7583,89 | 10,7 | 0,0014 |
| MUESTREO | 7583,89 | 1 | 7583,89 | 10,7 | 0,0014 |
| Error | 99254,59 | 140 | 708,96 | | |
| Total | 106838,48 | 141 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=8,84308 | | | | | |
| Error: 708,9614 gl: 140 | | | | | |
| MUESTREO | Medias | n | E.E. | | |
| D | 58,43 | 68 | 3,23 | A | |
| T | 43,8 | 74 | 3,1 | B | |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) | | | | | |
| NUDOS | | | | | |
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| NUDOS | 142 | 0,01 | 0,01 | 44,12 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 275,48 | 1 | 275,48 | 1,9 | 0,1699 |
| MUESTREO | 275,48 | 1 | 275,48 | 1,9 | 0,1699 |
| Error | 20262,35 | 140 | 144,73 | | |
| Total | 20537,83 | 141 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,99552 | | | | | |
| Error: 144,7311 gl: 140 | | | | | |
| MUESTREO | Medias | n | E.E. | | |
| D | 28,72 | 68 | 1,46 | A | |
| T | 25,93 | 74 | 1,4 | A | |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) | | | | | |

| RAMAS | | | | | |
|--|------------|----------------|-------------------|-------|---------|
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| RAMAS | 142 | 0,02 | 0,01 | 60,45 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 7,24 | 1 | 7,24 | 2,46 | 0,1191 |
| MUESTREO | 7,24 | 1 | 7,24 | 2,46 | 0,1191 |
| Error | 412,04 | 140 | 2,94 | | |
| Total | 419,27 | 141 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,56977 | | | | | |
| Error: 2,9431 gl: 140 | | | | | |
| MUESTREO | Medias | n | E.E. | | |
| D | 3,07 | 68 | 0,21 | A | |
| T | 2,62 | 74 | 0,2 | A | |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) | | | | | |
| ALTURA | | | | | |
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| ALTURA | 142 | 0,08 | 0,07 | 22,99 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 1026,44 | 1 | 1026,44 | 11,99 | 0,0007 |
| MUESTREO | 1026,44 | 1 | 1026,44 | 11,99 | 0,0007 |
| Error | 11981,42 | 140 | 85,58 | | |
| Total | 13007,86 | 141 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,07243 | | | | | |
| Error: 85,5816 gl: 140 | | | | | |
| MUESTREO | Medias | n | E.E. | | |
| D | 43,04 | 68 | 1,12 | A | |
| T | 37,66 | 74 | 1,08 | B | |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) | | | | | |
| RENDIMIENTO | | | | | |
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| RENDIMIENTO | 6 | 0,67 | 0,58 | 7,84 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 715323,48 | 1 | 715323,48 | 7,98 | 0,0476 |
| MUESTRA | 715323,48 | 1 | 715323,48 | 7,98 | 0,0476 |
| Error | 358709,67 | 4 | 89677,42 | | |
| Total | 1074033,15 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=678,86735 | | | | | |
| Error: 89677,4167 gl: 4 | | | | | |
| MUESTRA | Medias | n | E.E. | | |
| D | 4166,37 | 3 | 172,89 | A | |
| T | 3475,8 | 3 | 172,89 | B | |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) | | | | | |

Efecto sobre el contenido de proteína.

| gN/100gMS | | | | | |
|--|--------|----------------|-------------------|------|---------|
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| gN/100gMS | 6 | 0,09 | 0 | 6,36 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 0,04 | 1 | 0,04 | 0,38 | 0,5727 |
| Muestra | 0,04 | 1 | 0,04 | 0,38 | 0,5727 |
| Error | 0,37 | 4 | 0,09 | | |
| Total | 0,41 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,69380 | | | | | |
| Error: 0,0937 gl: 4 | | | | | |
| Muestra | Medias | n | E.E. | | |
| D | 4,89 | 3 | 0,18 | A | |
| T | 4,74 | 3 | 0,18 | A | |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) | | | | | |
| % PB | | | | | |
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
| % PB | 6 | 0,09 | 0 | 6,32 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 1,44 | 1 | 1,44 | 0,4 | 0,562 |
| Muestra | 1,44 | 1 | 1,44 | 0,4 | 0,562 |
| Error | 14,45 | 4 | 3,61 | | |
| Total | 15,89 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4,30885 | | | | | |
| Error: 3,6127 gl: 4 | | | | | |
| Muestra | Medias | n | E.E. | | |
| D | 30,58 | 3 | 1,1 | A | |
| T | 29,6 | 3 | 1,1 | A | |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05) | | | | | |