

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final Presentado para Optar al Grado de Ingeniera Agrónoma

“Fertilización con efluentes de tambo, una herramienta clave para la sustentabilidad de los sistemas lecheros”

Bogni, María Agustina

DNI: 35.544.866

Director: Dra. Paula Turiello

Co-Director: MSc. Ing. Agr. Guillermo Balboa

Río Cuarto, diciembre de 2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
Facultad de Agronomía y Veterinaria

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

“Fertilización con efluentes de tambo, una herramienta clave para la sustentabilidad de los sistemas lecheros”

Autor: Bogni, María Agustina
DNI: 35.544.866

Director: Dra. Ing. Agr. Turiello, Paula
Co-Director: MSc. Ing. Agr. Balboa, Guillermo

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

Med. Vet. Provensal, Pedro
MSc. Ing. Agr. Espósito, Gabriel Pablo
Dra. Ing. Agr. Turiello, Paula

Fecha de presentación: ____/____/____.

Secretario Académico

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la vida.

A mi familia, en especial mis padres, que me lo han dado todo, con Amor.

A mis hermanos, por su apoyo incondicional.

A mi amigo, compañero de estudio y familia, por tanto y todo en estos años.

A mi compañero de vida.

A mis compañeros de clase, amigas y amigos, a todos los que han dado sin esperar nada a cambio, y que sin ellos no hubiera sido igual.

A la Universidad Nacional de Río Cuarto, a los docentes.

A mi directora, Gracias, por su confianza, apoyo y conocimiento.

ÍNDICE DE TEXTO

RESUMEN.....	6
SUMMARY.....	7

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.....	8
Hipótesis y objetivos.....	11
I. Hipótesis.....	11
II. Objetivos generales.....	11
III. Objetivos específicos.....	11

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones experimentales.....	12
Caracterización del sitio.....	15
I. Clima.....	16
II. Suelo.....	17
III. Cultivo.....	17
IV. Efluentes.....	18
V. Determinaciones realizadas	18
V. i. Plantas logradas a emergencia.....	18
V. ii. Área foliar.....	18
V. iii. Contenido de clorofila en hoja.....	18
V. iv. Intercepción de la radiación.....	19
V. v. Biomasa aérea.....	19
V. vi. Calidad nutricional.....	20
VI. Análisis estadístico.....	20

RESULTADOS

I. Producción de biomasa.....	22
II. Intercepción de la radiación solar.....	22
III. Área foliar.....	22
IV. Contenido de clorofila en hoja.....	23
V. Calidad nutricional.....	23

DISCUSIONES

I. Producción de biomasa.....	25
II. Intercepción de la radiación solar.....	26
III. Área foliar.....	26
IV. Contenido de clorofila en hoja.....	27
V. Calidad nutricional.....	28
CONCLUSIONES.....	29
BIBLIOGRAFÍA.....	30
ANEXOS.....	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.....	17
Cuadro 2.....	17
Cuadro 3.....	18
Cuadro 4.....	22
Cuadro 5.....	23
Cuadro 6.....	23
Cuadro 7.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	12
Figura 2.....	13
Figura 3.....	15
Figura 4.....	24

RESUMEN

Ante la intensificación de los sistemas lecheros en Argentina, ha cobrado importancia la problemática de la acumulación de efluentes. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta productiva del cultivo de maíz para silo ante la fertilización del suelo con efluentes de tambo y su combinación con fertilizantes nitrogenados. El estudio tuvo lugar en la localidad de “Las Ensenadas”, al sur de la provincia de Córdoba, en la campaña 2012/13. Se realizó un ensayo bajo riego, con 12 tratamientos bajo un diseño de parcelas divididas que surgieron de la combinación de 0, 46, 92 y 138 kg N ha⁻¹ provenientes de efluentes aplicados previo a la siembra, con 0, 58 y 130 kg N ha⁻¹ como fertilizante mineral líquido aplicado en el estadio V6. Se determinó la producción de biomasa seca aérea en los estadios R1 y R3, interceptación de la radiación, área foliar y contenido de clorofila en hoja en el estadio R1 y en R3 se analizó la calidad nutricional del producto obtenido. En general, no se encontraron diferencias entre los tratamientos en la mayoría de las variables, lo cual puede deberse al alto contenido inicial de N del suelo junto a la fecha tardía de siembra. Las siembras tardías y el riego son condiciones que disminuyen la variabilidad en performance de los tratamientos. Se puede concluir que los efluentes pueden ser aplicados en los lotes sin afectar la producción de maíz forrajero, dando una solución a la problemática de la acumulación de residuos ganaderos. Debido a que la fertilidad en el suelo por el uso de efluentes se ve reflejada solo en un porcentaje en el primer año, sería muy interesante evaluar la respuesta a la aplicación continua de enmiendas orgánicas a largo plazo.

Palabras claves: Efluentes de tambos, fertilización orgánica, nitrógeno, maíz.

SUMMARY

Dairy farms progressive intensification in Argentina has led to effluent accumulation. The aim of this study was to evaluate the productive response of forage corn to effluent application combined with mineral nitrogen fertilization. The trial was conducted in Las Ensenadas, south of Cordoba province, during 2012-13 summer. 12 treatments under a split-plot design were tested: 0, 46, 92 and 138 kg N ha⁻¹ applied with effluents prior to planting, in combination with 0, 58 and 130 kg N ha⁻¹ applied as liquid fertilizer in stage V6. The treatments were under irrigation. Biomass production (stages R1 and R3), radiation interception (R1), leaf area (R1), leaf chlorophyll content by Minolta SPAD reading (R1) and nutritional quality of the forage (R3) were determined. The lack of differences between treatments may be explained by the high initial nitrogen content of the soil and by late planting date. Late planting and irrigation are causes of a decrease in the variability of performance among treatments. It can be concluded that the effluent can be applied without affecting the production of forage corn, giving a solution to the problem of the accumulation of livestock waste. As soil higher fertility because of the effluent use is reflected only in a percentage during the first year, it would be interesting to test this response under continuous fertilization in the long term.

Keywords: Dairy effluents, organic fertilization, nitrogen, corn.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La producción de leche en Argentina se duplicó durante la serie de años 1983-2012 (Minagri, 2013). Este incremento marcado de la producción de leche en el tiempo, se produjo por un aumento en la escala productiva de los establecimientos, lograda a partir de una intensificación desde el sistema tradicional pastoril hacia el uso de suplementaciones estratégicas, incluso llegando a tambos completamente estabulados. La intensificación de los sistemas, el incremento de escala y la reducción en el número de tambos son procesos característicos de la mayoría de los países del mundo (Taverna y Fariña, 2013).

La intensificación y concentración de la producción en los sistemas lecheros argentinos, trae aparejado el problema de la generación y acumulación de efluentes. Por efluentes se consideran a los desechos que se originan en la sala de ordeño, que se componen de un estrato sólido (materia fecal, barro, desperdicios de alimentos) y uno líquido (agua de limpieza, detergentes ácidos y/o alcalinos usados para la limpieza de máquina de ordeño, remanentes de leche y orina) que en el momento de la limpieza de la sala son mezclados y generalmente aumentados (aunque diluidos) por el agua que se utiliza para la misma (Charlón, 2007a).

En nuestro país, a diferencia de Estados Unidos o la Unión Europea, generalmente los sistemas lecheros no tienen en cuenta estrategias que incluyan al manejo de efluentes como un componente más del sistema de producción. En este contexto, gran parte de los establecimientos no posee una laguna diseñada para la contención de estos efluentes, sino que suele ser una “fosa o pozo” rectangular, que los almacena por algún tiempo y luego, en algunos casos es vertido a cursos de agua, teniendo un fin poco sustentable para el sistema de producción (Nosetti *et al.*, 2002) e incluso produciendo la contaminación de los recursos naturales (aguas superficiales y subterráneas fundamentalmente). Investigadores del INTA han probado diversas formas de utilización de estos efluentes, entre ellas la aplicación de los mismos al suelo como enmienda orgánica, la cual brinda una posible solución, permitiendo recuperar la fertilidad de los suelos y aumentar la producción de los mismos (Sosa *et al.*, 2010).

En la actualidad la principal vía de aporte de nutrientes es a través de la aplicación de fertilizantes químicos al suelo. Sin embargo, la aplicación de estos fertilizantes también conlleva varios problemas asociados a su utilización, siendo los más relevantes el aumento del costo de producción de los sistemas lecheros y los riesgos de contaminación del ambiente (agua y suelo) cuando son utilizados en exceso. Si bien el nitrógeno es el principal nutriente que genera problemas por su exceso, también es el que más se relaciona positivamente con

los rendimientos (Melgar, 2002), por lo cual la utilización de los efluentes se torna una estrategia muy interesante para disminuir estas consecuencias y lograr altos índices productivos.

Varios trabajos realizados recientemente en Argentina por profesionales del INTA Rafaela, han concluido que los efluentes provenientes de tambo pueden ser reutilizados dentro del sistema productivo como fertilizantes aplicados en la presiembra de cultivos anuales o durante el crecimiento de verdeos o pasturas perennes siendo estos, a su vez, enriquecedores de las propiedades físicas y químicas del suelo (Charlon 2007a, Charlon *et al.*, 2007b; Charlon *et al.*, 2007c.; Imhoff *et al.*, 2011; Fontanetto *et al.*, 2010a; Fontanetto *et al.*, 2010b; Sosa *et al.*, 2010). Dichos autores observaron una tendencia a aumentar el contenido de materia orgánica edáfica, como así también nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y calcio, favoreciendo determinadas propiedades físicas del suelo regado con efluentes. Esto indica que los efluentes pueden pasar de ser un residuo, a ser un beneficio para la producción de forrajes, mejorando la eficiencia del reciclado de nutrientes y aumentando la oferta forrajera, ya que normalmente la cosecha mecánica del forraje genera una fuerte extracción de nutrientes que producen un desequilibrio en el suelo disminuyendo el pH y el porcentaje de saturación de bases (Quiroga *et al.*, 2008).

A través de suplementos para la alimentación se genera un fuerte ingreso de minerales haciendo que el sistema tenga un balance positivo. Sin embargo, al considerar la distribución de los nutrientes en cuestión, existen sectores de pérdidas (lotes de producción) y sectores de concentración como los corrales (Zubizarreta, 2007). Es por esto, que implementar una técnica de redistribución de nutrientes, mediante el esparcimiento de efluentes, contribuiría a un manejo sustentable.

El contenido en N en base seca de los efluentes producidos por distintas actividades pecuarias, varía en un amplio rango, desde 1 a 4% (Pomares y Canet, 2001), correspondiendo generalmente los valores extremos más bajos al estiércol de bovino y los más altos al de aves (Sosa *et al.*, 2013).

Investigadores internacionales (Feng *et al.*, 2005; Khan *et al.*, 2007; Monaco *et al.*, 2008; Schröder *et al.*, 2007) han demostrado que los efluentes son una potencial fuente de nutrientes para los cultivos; destacan el efecto positivo de los residuos sobre las propiedades químicas del suelo, debido al reciclado de nutrientes y sobre las propiedades físicas, al aumentar el contenido de materia orgánica, la porosidad e infiltración del agua en el suelo. Estos efectos positivos se reflejaron, en la mayoría de los casos, en una mayor productividad y calidad nutricional de los cultivos.

En cuanto al incremento de la calidad de los cultivos, asociado a la mayor disponibilidad de N, se registraron mayores contenidos de proteína bruta al momento del

corte para ensilado de maíz, mientras que no se comprobaron efectos sobre otros parámetros de calidad, como fibra de detergente neutro y fibra de detergente ácida (Diez, 2012a).

Con esta técnica de utilización de los efluentes se pretende dar una respuesta a la disposición final de los mismos, disminuir costos de fertilización, aumentar los rindes de los forrajes y mejorar las condiciones del suelo. Además, según Vieytes (2011), existe una tendencia a futuro de producciones sustentables, basadas en la preservación del medio ambiente y con garantías de calidad e inocuidad de los alimentos desde la producción primaria de los mismos.

En Argentina se han probado aplicaciones de efluentes en variadas dosis, siempre durante el barbecho (aproximadamente cuarenta días previo a la siembra del cultivo) y sin combinarlo con la aplicación de diferentes dosis de fertilizantes inorgánicos (Charlon 2007a, Charlon *et al.*, 2007b; Charlon, *et al.*, 2007c.; Herrero 2010; Herrero 2014; Imhoff *et al.*, 2011; Fontanetto *et al.*, 2010a; Fontanetto *et al.*, 2010b; Sosa *et al.*, 2010).

Si bien existen publicaciones sobre el uso y manejo de efluentes de tambo en nuestro país, aún no son suficientes para conocer con precisión los efectos de dicha aplicación según las dosis y las combinaciones con fertilizantes inorgánicos sobre los cultivos. Además, es pertinente conocer la posibilidad de aplicar el estiércol e inmediatamente sembrar, sin perjudicar el cultivo sembrado, debido a que los tambos que poseen sistemas de riego, deben amortizar el costo de la maquinaria por lo que hacer un barbecho y tener un lote sin uso durante 4 o más meses, tiempo que se ha probado se debe dejar entre la aplicación del efluente y la siembra, implica tener los lotes sin producir y por lo tanto sin usar el sistema de riego durante ese periodo.

Hipótesis y objetivos

Hipótesis

- La aplicación de efluentes de tambo al momento de la siembra de maíz para silo puede ser utilizada como estrategia de manejo de los mismos y sustituir parcial o totalmente el uso de fertilizante nitrogenado.

Objetivos generales

- Evaluar la respuesta del cultivo de maíz para silo a la aplicación de diferentes cantidades de efluentes orgánicos en combinación con distintas dosis de fertilización nitrogenada de origen mineral.

Objetivos específicos

- Evaluar la factibilidad de la aplicación de efluentes de tambo al momento de la siembra de maíz para silo sin afectar la emergencia del cultivo.
- Determinar el efecto del tratamiento con diferentes dosis de efluentes al momento de la siembra sobre biomasa aérea, área foliar, intercepción de la radiación y calidad del cultivo de maíz para silo.
- Evaluar el efecto de la combinación de diferentes dosis de efluente y de nitrógeno mineral sobre biomasa aérea, área foliar, intercepción de la radiación y calidad del cultivo de maíz para silo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones experimentales

El ensayo se realizó en el establecimiento “La Mascota” perteneciente a la firma MAREUBA S.A., el mismo se encuentra ubicado a 25 km al sur-este de la ciudad de Río Cuarto, en la zona “Las Ensenadas” Ruta 35, km 620 (Coordenadas: 33°21'04.78" Latitud Sur, 64°24'47.66"O).

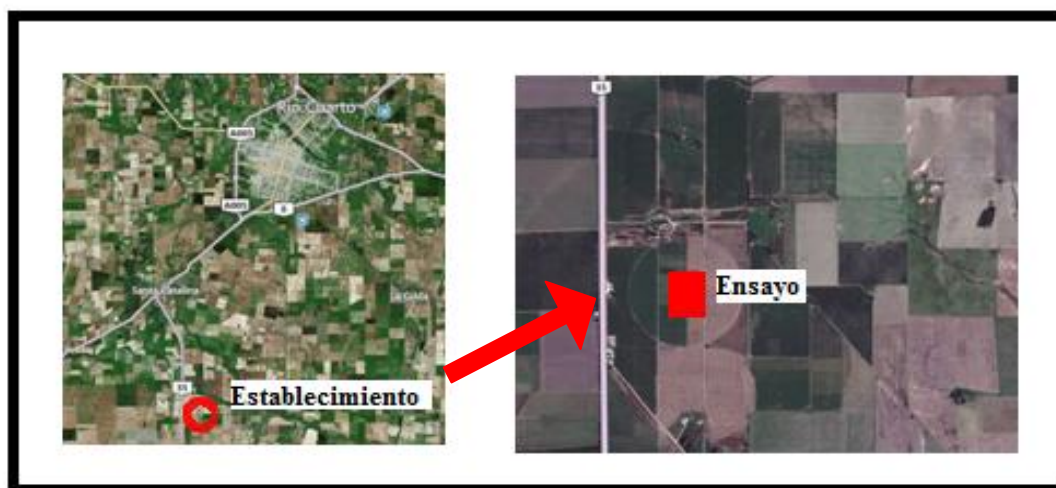


Figura 1: Izquierda: Establecimiento “La Mascota”. Las Ensenadas, Córdoba. Derecha: Ubicación del ensayo dentro del campo. Fuente: Google earth.

Sobre un suelo Hapludol típico del Departamento Río Cuarto, sembrado bajo la técnica de siembra directa, con sistema de riego pivot central, se implantó maíz (*Zea mays L.*) el 21 de diciembre de 2012. El cultivo antecesor fue rye grass (*Lolium multiflorum L.*) con una rotación desde hace varios años es de 3 años maíz-rye grass y 3 años de pastura de alfalfa.

Treinta días antes de la realización del ensayo se realizó un control químico de malezas, con 3 l ha⁻¹ de glifosato y 0,5 l ha⁻¹ de 2,4D.

El híbrido de maíz utilizado fue DOW2M545HX de ciclo intermedio, con muy buena tolerancia a enfermedades, recomendada para planteos de altas producciones; el mismo se sembró con una máquina Fabimag de 18 surcos a 0,52 m con una densidad de siembra de 70000 plantas por hectárea. Se aplicaron 30 kg ha⁻¹ de urea (46-0-0) a la siembra como arrancador en todo el ensayo.

El diseño experimental seleccionado fue en parcelas divididas. Se dispusieron 4 parcelas principales, cada una de ellas de 100 m de largo y aproximadamente 10 m de ancho, las cuales se correspondieron con los 4 niveles de efluentes esparcidos: 0, 20000, 40000 y

60000 kg ha⁻¹ lo que equivale a 0, 46, 92 y 138 kg N ha⁻¹. Las parcelas principales fueron divididas en 3 bloques dentro de los cuales se distribuyeron de manera aleatoria los 3 niveles del factor UAN (N mineral): 0, 136 y 306 l ha⁻¹ lo que equivale a 0, 58 y 130 kg N ha⁻¹. Las distintas dosis fueron decididas luego de obtenidos los análisis de suelo y de efluentes. Los tratamientos fueron los siguientes:

	Bloque 1			Bloque 2			Bloque 3		
0 t efluentes	0 L de UAN	136 L de UAN	306 L de UAN	136 L de UAN	306 L de UAN	0 L de UAN	306 L de UAN	0 L de UAN	136 L de UAN
20 t efluentes	0 L de UAN	136 L de UAN	306 L de UAN	0 L de UAN	136 L de UAN	306 L de UAN	306 L de UAN	136 L de UAN	0 L de UAN
40 t efluentes	136 L de UAN	0 L de UAN	306 L de UAN	306 L de UAN	136 L de UAN	0 L de UAN	0 L de UAN	306 L de UAN	136 L de UAN
60 t efluentes	136 L de UAN	0 L de UAN	306 L de UAN	136 L de UAN	0 L de UAN	306 L de UAN	0 L de UAN	136 L de UAN	306 L de UAN

Figura 2: Diseño experimental del ensayo. Efluentes: 20000 kg de efluente equivalen, en cantidad de nitrógeno, a 100 kg de urea y 114 l de UAN.

Los efluentes provinieron de la sala de ordeño del tambo, donde se ordeñan 700 vacas, dos veces al día, con una duración individual de dos horas y media. La sala posee pisos de cemento que son lavados con agua, al igual que la maquinaria utilizada durante el ordeño; diariamente se arrojan aproximadamente catorce mil litros de agua. Las heces junto con el agua caen en una primera pileta de cemento que es decantadora de sólidos y el líquido sigue su curso hacía otras lagunas. De la laguna decantadora de sólidos se extrajo el efluente a utilizar.

La distribución de los efluentes se realizó con una fertilizadora “Orgánica 6500” serie 4 de Fertec, que cuenta con un sistema de distribución con bidisco, dispuesto en la parte posterior de la máquina y provisto de discos y aletas esparcidoras cementadas. A partir de la variación de posición de estas aletas y la localización de la caja esparcidora, se realizó la

regulación de la uniformidad de distribución de los efluentes orgánicos y el ajuste de la dosis se determinó a partir de una válvula reguladora de caudal que varía las RPM del motor hidráulico instalado en la caja reductora que acciona la cinta transportadora.

Previo a la aplicación se tomó una muestra instantánea de los efluentes, que consistió en tomar una muestra discreta de una masa de efluente de forma aleatoria (con relación al momento y/o lugar). Esta muestra es representativa de la descarga diaria, asumiendo que la carga del efluente sea relativamente constante (Lascaray, 2011).

En el lote elegido para realizar el ensayo, se tomaron muestras de suelo al azar a diferentes profundidades (0-20, 20-40 y 40-60 cm) al inicio del ensayo para determinar nitratos en suelo. Dichos análisis fueron provistos por la empresa A&T y Asociados SA.

La fertilización con efluentes se realizó al momento de la siembra y fue incorporada con una máquina doble acción a 5 cm de profundidad. La aplicación de UAN (32-0-0) se realizó en el estadio V6 (momento estratégico determinado por García, (1999) y García, (2005). Ambos fueron aplicados según dosis correspondientes.

Caracterización del sitio

I. Clima

La región de Río Cuarto presenta un clima templado subhúmedo, con precipitaciones que suelen exceder la evapotranspiración en los meses de primavera y otoño con déficits puntuales en verano e invierno (Seiler *et al.*, 1995).

La aplicación de agua de riego se realizó mediante aspersores, utilizando agua de perforaciones de 120 m de profundidad. La dosis empleada en cada riego fue de 10-15 mm y a lo largo del ciclo de cultivo se aplicaron aproximadamente 860 m³ ha⁻¹. La dosis y momento de riego fueron determinadas por el personal técnico del establecimiento.

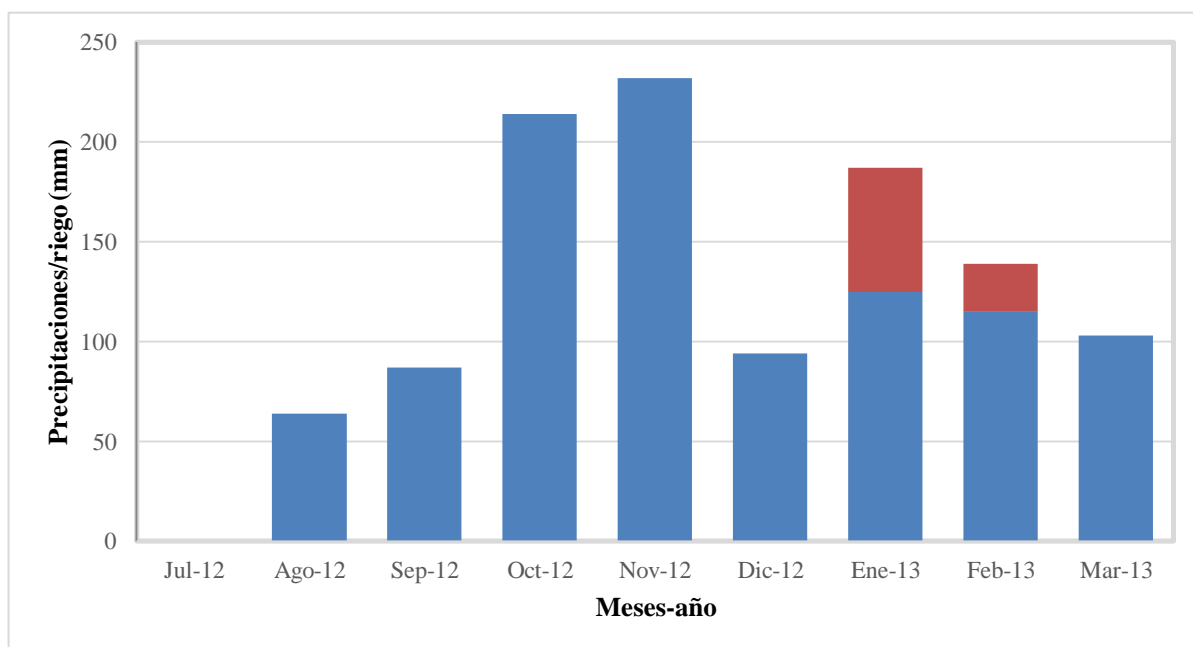


Figura 3: Precipitaciones y riego de la campaña 2012/13.

El régimen térmico es mesotermal, siendo la temperatura media del mes más cálido (enero) de 23°C con una máxima absoluta de 39,5°C y la temperatura media del mes más frío (julio) de 9,1°C con una mínima absoluta de -11,5°C. La amplitud térmica media anual es de 13,9°C. La fecha media de la primera helada es el 25 de mayo y la de última es el 12 de septiembre, siendo el período libre de heladas 255 días en promedio (Seiler *et al.*, 1995).

II. Suelo

Teniendo en cuenta la zonificación de los suelos con un nivel de reconocimiento de 1:50000 realizado por el gobierno de Córdoba en “Recursos Naturales de la provincia de Córdoba”, se procedió a identificar el suelo del sitio experimental.

La zona se caracteriza por presentar planicies intermedias suavemente onduladas, con presencia de médanos aislados asociados a lomas muy suavizadas y estabilizadas. El relieve es normal – subnormal suavemente ondulado, con pendientes medias y largas de gradientes de hasta 1,5% (Cisneros *et al.*, 2000).

El suelo donde se realizó el ensayo pertenece al subgrupo (MJtc) Hapludoles típicos, cuenta con la presencia de un horizonte subsuperficial parduzco, formado por la alteración *in situ* de los materiales originarios, que da por resultado una coloración y una estructura diferencial (horizonte cámbico). La parte superficial o capa arable reúne los requisitos de un epipedón mólico: profundo, oscuro, bien estructurado y rico en materia orgánica.

La secuencia de horizontes, es: A, B_w y C. El B_w u horizonte cámbico puede mostrar un enriquecimiento en arcilla iluvial, pero nunca demasiado importante. Son suelos de un desarrollo moderado, con el horizonte C que aparece a los 80 ó 90 cm de profundidad. Los carbonatos libres aparecen normalmente por debajo de los 140 cm en forma de horizonte C_{k2}.

Son suelos profundos y bien drenados, de textura franco arenosa en superficie y franca en el subsuelo, que no presenta impedimentos fisicoquímicos para el desarrollo de las plantas, atributos que los hacen de aptitud agrícola. Sin embargo, presentan una capacidad de retención de humedad algo baja, por lo que son susceptibles al estrés hídrico en las épocas de sequía. Son además, propensos a ser erosionados, lo que debe ser contemplado en su manejo.

Los suelos se clasifican a través de un índice de productividad, el cual establece una valoración numérica comparativa de la capacidad productiva de las tierras de una región; en esta unidad de estudio es de 48, valor que es obtenido de 12 parámetros en estudio, lo que da origen a una escala que oscila de 1 (mínima productividad), hasta 100 (máxima productividad), con una aptitud de uso clase II (USDA). Son suelos de sectores intermedios y altos, algo excesivamente drenados; profundos (+ de 100 cm); con moderado porcentaje de materia orgánica, moderada capacidad de intercambio y ligeramente inclinado (1-1,5%).

El lote se caracteriza por estar situado en una media loma alta plana, la cual posee un contenido de materia orgánica del 2,3%. Tras realizar un análisis de suelo del lote, se obtuvo que al momento de la siembra los contenidos de nitratos eran 40,8 mg kg⁻¹ de 0-20 cm, 30,2

mg kg⁻¹ de 20-40 cm y 24 mg kg⁻¹ de 40-60 cm, el valor de P disponible fue de 34,4 mg kg⁻¹ (Bray-Kurtz).

III. Cultivo

En el Cuadro 1 se observa la caracterización del cultivar utilizado en el ensayo y en el Cuadro 2 las fechas de los diferentes estadios fenológicos.

Cuadro 1: Características del material utilizado en el ensayo.

ASPECTOS GENERALES	
Empresa proveedora	Dow AgroSciences
Tipo de híbrido	Simple
Color/textura de grano	Anaranjado/Semidentado
Ciclo	Largo
Días a floración	71-73
Días a madurez fisiológica	137
Madurez relativa	124
COMPORTAMIENTO FRENTE A ENFERMEDADES	
Roya común	Medianamente Tolerante
Hongos en la espiga	Medianamente Tolerante
Mal del Rio Cuarto	Muy bueno
Tizón	Tolerante
CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA	
Altura de la planta en M	2,4
Altura inserción espiga	1,30
Chalas, cantidad/apertura	Media/Semicerrada
Comportamiento a vuelco	Vuelco parcial
Comportamiento a quebrado	Muy Bueno

Fuente: Catálogo otorgado por la empresa Dow AgroSciences.

Cuadro2: Fecha de ocurrencia de los estadios fenológicos del cultivo desde siembra hasta el momento de picado (3/4 línea de leche).

Siembra	21/12/2012
Emergencia	26/12/2012
V6	25/01/2013
V8	31/01/2013
V13	10/02/2013
R1	20/02/2013
R3	02/04/2013
Picado	14/04/2013

IV. Efluentes

La muestra instantánea de los efluentes se acondicionó y se envió al laboratorio de INTA Rafaela para su análisis químico. Los resultados del mismo se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Resultados de análisis químico del efluente utilizado.

pH	MS (%)	C (%)	MO (%)	N (%)	K (mg kg⁻¹)	Ca (mg kg⁻¹)	P (mg kg⁻¹)
5,94	14,1	30,12	69,38	1,66	8659	10618	720

MS: Materia seca; **C:** Cenizas; **MO:** Materia Orgánica; **N:** Nitrógeno Total; **K:** Potasio; **Ca:** Calcio y **P:** Fósforo. Fuente: Laboratorio INTA Rafaela

V. Determinaciones realizadas

V.i. Plantas logradas a emergencia

Se realizó una evaluación del stand de plantas logradas en el estadio V1-V2 según la escala de Ritchie y Hanway (1997). Para ello se midieron 10 m lineales de surco y, contando el número de plantas y teniendo en cuenta la distancia entre hileras (0,52 m), se obtuvo la densidad de plantas por hectárea. Este procedimiento se repitió seis veces por parcela de ensayo.

V.ii. Área Foliar

En el estadio fenológico R1 (floración), sobre 3 plantas seleccionadas al azar dentro de cada subparcela, se midió el largo y ancho de cada una de sus hojas para el cálculo de la superficie foliar, se multiplicó el largo de la hoja por ancho de la hoja por 0,75 (Montgomery 1911), con lo cual se obtuvo el área foliar de la planta en cm².

V.iii. Contenido de clorofila en hoja

Se determinó el contenido de clorofila en los tejidos de las hojas de maíz para los tratamientos ensayados mediante un equipo portátil (SPAD 502 de Minolta®). Este instrumento permite evaluar indirectamente y en forma no destructiva el contenido de clorofila en la hoja y por ende, el estado nutricional del cultivo a través de una simple lectura (Saíenz Rosas y Echeverría, 1998). El contenido de clorofila en la hoja de maíz está estrecha

y positivamente relacionado a la concentración de N en la hoja y por lo tanto refleja la condición nitrogenada del cultivo (Wolfe *et al.*, 1988).

El valor correspondiente a cada subparcela surge del promedio de 3 lecturas. Cada lectura está compuesta por 10 mediciones realizadas en plantas representativas de cada una de las subparcelas. Las mediciones se tomaron en la parte central de la primera hoja completamente desarrollada opuesta inferior a la espiga.

V.iv. Intercepción de la radiación (IR)

Se utilizaron fotografías digitales para obtener la intercepción de la radiación, esta técnica ya fue analizada y el método presenta similitudes con lo propuesto por Purcell (2000), Richardson *et al.*, (2001), Falco (2010), Sánchez *et al.*, (2011) y Diez (2012b). En cada subparcela se tomaron 10 fotografías en el estadio R1, para esto se utilizó una cámara digital Kodak de 12 megapixels, la cual se colocó a la altura del suelo y con dirección hacia el cielo. Todas las fotografías fueron tomadas en un día nublado, para evitar que el reflejo solar sobre el dosel altere los patrones de color de la imagen y, como consecuencia, modifique los valores de cobertura obtenidos. Para estimar la fracción de cubierta vegetal verde a partir de las fotografías, una vez transferidas a una computadora, fueron procesadas con SisCob 1.0 (Laboratório de Imagem, EMBRAPA, Brasil). Este programa, a través de técnicas de inteligencia artificial Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA, University of Waikato, New Zealand) implementa una red neuronal artificial del tipo perceptrón multicapa que permite crear una aplicación dinámica para el estudio de la cobertura del suelo por medio de reconocimiento de patrones.

Aquí fue necesario determinar las clases de los patrones y los patrones propiamente dichos, guiados por diferentes tonos de color en la imagen. Una vez definidos los patrones se creó la red neuronal, se la cargó y se la utilizó para clasificar las imágenes, se cargaron todos los archivos y se leyeron los valores de cobertura para cada imagen.

V.v. Biomasa aérea

En el estadio R1, se tomaron muestras de la biomasa aérea para conocer la producción de cada tratamiento en kilogramos de materia seca. En cada subparcela se cortaron al azar cinco plantas continuas del mismo surco en la base de los tallos (3 cm sobre superficie de suelo). Para evitar el efecto bordura, se seleccionaron los surcos centrales de las subparcelas, se colocaron dentro de bolsas plásticas y se pesaron con una báscula en el campo. Se guardó una planta que luego se secó en estufa a 65°C hasta peso constante. Por

diferencias de peso se determinó la materia seca (MS) y teniendo en cuenta la densidad de plantas por hectárea, se determinó la biomasa acumulada (kg de biomasa ha⁻¹).

Este procedimiento se repitió tres veces por cada subparcela. En el momento del picado, la biomasa aérea se tomó del mismo modo, pero para el secado la misma fue particionada por órgano (tallo, hoja y espiga).

V.vi. Calidad nutricional

Al momento del picado se tomaron 3 plantas por subparcela y se hizo una muestra compuesta por tratamiento. Cada muestra se molió con un molino de martillos tipo Willey, a un tamaño de partícula menor a 2 mm. Una vez procesadas, se identificaron y se envasaron para su uso posterior. Las muestras de biomasa fueron analizadas según las siguientes determinaciones químicas: proteína bruta (PB), fibra detergente ácido (FDA) y lignina (LDA) (Van Soest, 1991). Con estas determinaciones se calculó digestibilidad química aparente de la materia seca (Van Soest, 1994) y energía metabólica (EM) como: $EM = EB \times Dig \times 0,82$, siendo EB la energía bruta del alimento (4,4 Mcal kg MS⁻¹); Dig, la digestibilidad química aparente de la MS. El % de nitrógeno se determinó por análisis de macro Kjeldahl (AOAC, 1984) que se utilizó para el cálculo de PB.

VI. Análisis estadístico

La evaluación del efecto del tratamiento sobre biomasa, área foliar, y calidad del cultivo de maíz se realizó mediante el siguiente modelo lineal mixto:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \delta_{ij} + b_k + p_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde y_{ijk} representa la respuesta observada en el k -ésimo bloque, i -ésimo nivel de efluentes y j -ésimo nivel de N mineral, μ representa la media general de la respuesta, τ_i representa el efecto del i -ésimo nivel de efluentes, γ_j representa el efecto del j -ésimo nivel de N mineral y δ_{ij} representa el efecto de la interacción del ij -ésimo tratamiento. Por otra parte b_k , p_{ik} y ε_{ijk} corresponden a efectos aleatorios de los bloques, de las parcelas dentro de los bloques y de los errores experimentales, respectivamente.

Para el análisis estadístico se utilizó la versión 2012 del Software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2012) que permite el ajuste de modelos mixtos.

Para todas las variables excepto número de plantas emergidas y calidad nutricional, se utilizó el modelo mixto. Se hicieron validaciones de las suposiciones de los modelos,

revisando residuales estandarizados vs. predichos y otros criterios de clasificación, así como el *Q-Q plot* normal de residuos estandarizados.

Se compararon los modelos heterocedásticos con los homocedásticos a través de AIC y BIC, observándose cual presentaba mejor comportamiento y se seleccionó el modelo a través de los valores de estos dos indicadores.

Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre número de plantas y calidad nutricional se hizo análisis de la varianza.

RESULTADOS

En el establecimiento del cultivo, se cuantificó el número de plantas logradas en todas las parcelas que en promedio fueron 67250 plantas por hectárea, no observándose diferencias estadísticamente significativas ante el agregado de efluentes al momento de la siembra ($p= 0,9925$, Anexo 1).

I. Producción de biomasa

La producción de biomasa se midió en materia verde y materia seca, para poder comparar se utilizó el peso seco (Cuadro 4, Anexos 2 y 3).

En los estadios fenológicos R1 y R3 no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Es decir, que ni la aplicación de dosis crecientes de efluentes, como tampoco de nitrógeno mineral afectaron la producción de biomasa. No hubo efecto conjunto de los factores.

Cuadro 4: Producción de biomasa seca promedio (kg MS ha^{-1}) en R1 y R3, valores obtenidos.

	Biomasa (Media \pm DE)
R1	10546 \pm 2438,7
R3	19552 \pm 3491,4

II. Intercepción de la radiación (IR) en R1

Al utilizar la técnica para obtener el porcentaje de intercepción de la radiación del cultivo ante diferentes dosis de fertilización nitrogenada, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($76 \pm 3,6 \%$), ya sea por efecto del nivel de efluentes o de N mineral, en todos los casos el valor p fue mayor a 0,1. No se detectó efecto de la interacción entre fertilización orgánica y mineral (Anexo 4).

III. Área foliar en R1

Los valores de área foliar resultaron diferentes según el nivel de efluentes ($p= 0,0545$), efecto que no se encontró ante las dosis crecientes de N mineral ($p= 0,2685$). No se halló efecto conjunto de los factores (Cuadro 5, Anexo 5).

Cuadro 5: Área foliar media ($\text{cm}^2 \text{pl}^{-1}$) para cada nivel de efluentes (t ha^{-1}).

Efluente	Área foliar (Media \pm DE)	CV (%)
0	7002 \pm 324,2 b	10,68
20	7325 \pm 219,9 b	5,74
60	7515 \pm 264,6 ab	6,31
40	7782 \pm 473,3 a	15,30

* Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Se observó una mayor área foliar en los tratamientos con mayor nivel de efluentes.

III. Contenido de clorofila en hoja

El valor promedio de contenido de clorofila medido con SPAD 502 fue de 59 unidades. La dosis creciente de efluentes resultó tener significancia en las unidades de Spad entre tratamientos con un valor $p < 0,05$ (Cuadro 6), como también lo hizo el N mineral con un valor $p < 0,05$ (Cuadro 7). No se halló interacción entre el nivel de efluentes y fertilizante de origen mineral (Anexo 6).

Cuadro 6: Valores medios de unidad Spad para las diferentes dosis de efluentes.

Efluentes (t ha^{-1})	Media y desvío (unidades SPAD)
0	51b \pm 0,98
20	51b \pm 0,98
40	54a \pm 0,98
60	55a \pm 0,98

* Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,0124$).

Cuadro 7: Valores medios de unidad Spad para las diferentes dosis de nitrógeno mineral.

N Mineral (kg ha^{-1})	Media y desvío
0	51b \pm 0.9
58	52ab \pm 1.0
130	54a \pm 0.5

* Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,049$).

IV. Calidad nutricional

Al evaluar la calidad nutricional en términos de fibra detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), cenizas (C) y energía metabólica (EM), se puede observar en la Figura 5 que a dosis crecientes de efluentes, no hay diferencias significativas entre los distintos tratamientos, por lo cual estadísticamente se los considera similares ($p > 0,1$) (Anexos 7 y 8).

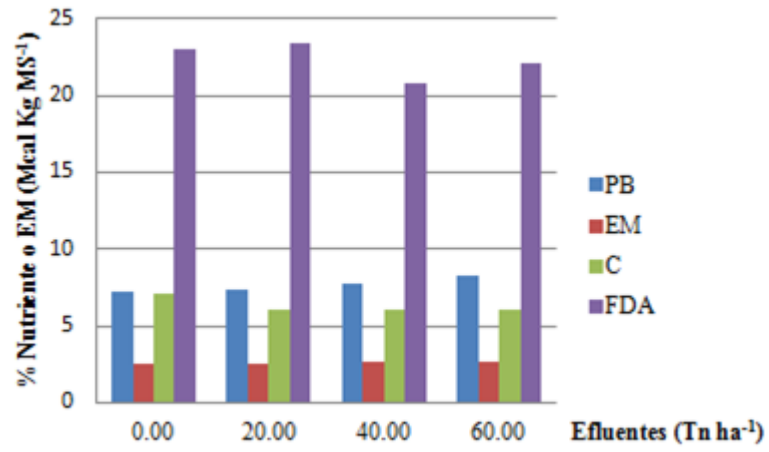


Figura 4: Calidad nutricional en respuesta a dosis creciente de efluentes.

DISCUSIONES

I. Producción de biomasa

En esta investigación no se encontraron diferencias en el rendimiento de maíz para silo (expresado como producción de biomasa) ante el agregado de dosis crecientes de fertilizante de origen mineral, ni de efluentes. A diferencia de lo que ocurrió en ensayos de Charlon *et al.* (2007b) quienes probaron a través de diferentes campañas que a medida que aumenta la dosis de N orgánico (proveniente de efluentes) aumenta la biomasa. La ausencia de respuesta a la aplicación de N independientemente de la fuente puede explicarse debido al nivel nutricional del sitio del ensayo. Investigadores del INTA (Salvagiotti *et al.*, 2002a y Salvagiotti *et al.*, 2002b) determinaron que valores superiores a 135 kg ha⁻¹ de nitrógeno de nitratos en los 0-60 cm de suelo indicarían sitios con escasa respuesta en rendimiento relativo al incremento de la concentración de N. El suelo del sitio del ensayo poseía al momento de la siembra 165 kg N ha⁻¹ de nitrógeno de nitratos 0-60 cm. Berenguer *et al.* (2008) y Yagüe y Quílez (2010) tampoco encontraron respuesta de rendimiento a la aplicación de N en los 2 primeros años de ensayo en zonas con altos contenidos de nitratos en el suelo.

Tal como lo expresan Melchiori y Caviglia (2008), la mayor mineralización de la materia orgánica del suelo en siembras tardías también justificaría el uso de una menor cantidad de fertilizantes nitrogenados, lo que conlleva a que la otra causa de variación a la respuesta de fertilización nitrogenada pueda atribuirse a la fecha de siembra (Esposito *et al.*, 2012). Esto explicaría que al haber mayor mineralización de la materia orgánica la respuesta al agregado de N se reduciría.

En este sentido Below *et al.* (2002) precisaron que en ambientes que son favorables para la obtención de altos rendimientos, también lo son para la mineralización de N del suelo, como consecuencia de esto la mayor cantidad de N suministrado vía fertilización (orgánica o inorgánica) no generará aumentos significativos en la producción de biomasa.

Por otro lado, Herrero (2010) indica que para conocer el valor aproximado de nutriente aportado por los efluentes se debe tener en cuenta que los mismos no estarán disponibles en forma inmediata. Aproximadamente el 40 % estará disponible para las plantas durante todo el primer año, y el 60 % restante aportará nutrientes por aproximadamente 10 años. Razón por la cual solo una parte de ese 40 % del N aplicado con el efluente habría sido aprovechado por el cultivo, ya que a partir de floración, la absorción de N representa un 50 % del total de N acumulado a madurez fisiológica (Ciampitti *et al.*, 2007) y que ciclo del cultivo duró solo 114 días (aproximadamente un tercio del año). Investigadores del INTA Rafaela (Fontanetto *et al.*, 2010a) luego de realizar varios ensayos en cultivos de maíz en

diferentes zonas de la Argentina, concluyeron que la utilización de estos residuos debe ser tomada como una estrategia a largo plazo donde se disminuye la contaminación ambiental.

II. Intercepción de la radiación (IR)

El momento de medir la intercepción de la radiación a través de la cobertura fue adecuado (R1), tal como lo expresan Mullen *et al.* (2003), ya que el cultivo se encuentra en un estadio avanzado, por lo que si hubieran diferencias, las mismas serían notorias.

Como lo afirman Serrano *et al.* (2000), la correlación de producción de biomasa con intercepción de la radiación es positiva, lo cual concuerda con la falta de respuesta diferencial en los tratamientos.

La IR y el Índice Diferencial de Vegetación Normalizada (NDVI), aunque no son equivalentes, según propone Diez (2012b), puede describirse mediante una relación lineal.

El NDVI incorpora a IR ya que el primero es un indicador de la cantidad de área verde (biomasa aérea del vegetal) y la intercepción de la radiación mide justamente en qué proporción cubre la biomasa el suelo. Diversos estudios demuestran que la intercepción de la radiación, el Índice Diferencial de Vegetación Normalizada (NDVI) y otros índices similares, tienen una buena correlación con diferentes parámetros de vegetación incluyendo el índice de área foliar, la biomasa, el porcentaje de cubierta vegetal, la productividad y la actividad fotosintética (Balboa, 2008; Diez, 2012b; Serrano *et al.*, 2000).

Balboa (2008), en la campaña 2006/7 en la zona de Río Cuarto, con dosis creciente de N no encontró diferencias en NDVI, y sugirió que las diferencias no se ven explicadas por una diferencia en la dosis de N aplicada, sino por otros factores que no habían sido considerados en el trabajo.

Sin embargo, Diez (2012b) encontró diferencias en la cobertura en diferentes zonas de manejo y dosis de N. Esto podría estar afectado por las condiciones específicas del año y el sitio experimental, tal como lo precisan en sus investigaciones Below *et al.* (2002).

III. Área foliar (AF)

La producción de biomasa del cultivo de maíz se ve determinada por su capacidad para interceptar la radiación solar a través del área foliar y de utilizar esa radiación para el proceso de fotosíntesis. El área foliar depende de varios factores entre ellos la nutrición nitrogenada del suelo (Andrade *et al.*, 1996). En el presente ensayo se encontró efecto en la producción de AF, para las diferentes dosis de efluentes, pero no se obtuvieron diferencias para dosis crecientes de N mineral.

El efecto positivo que se encontró en la producción de AF ante dosis crecientes de efluentes, si bien son significativas, son solo del 11%, y este es un valor bajo según lo explica Espósito (comunicación personal).

Igualmente, Bentacourt Yanez *et al.* (1998) también observaron que el área foliar se vio incrementada por aplicación de N de fuentes orgánicas cuando el nivel de fertilización fue superior a 80 kg ha⁻¹ de N tanto en siembras tempranas como tardías. En cambio, Vos *et al.* (2004) informaron que en el cultivo de maíz, la tasa de aparición de hojas, la duración de la expansión de la hoja y el número de hojas no se vieron afectados por el suministro de nitrógeno. Ellos concluyeron que en este cultivo la respuesta es conservadora en tamaño de hoja comparado con los cultivos de hoja ancha donde varía de tres a cuatro veces en respuesta a la provisión de N, cuando se mide en condiciones experimentales muy similares (Vos y Van der Putten, 1998). Esto indica que la diferencia observada ante diferentes dosis de efluentes puede ser debida a la concentración de otros nutrientes además del nitrógeno, tales como fósforo, potasio, sodio y magnesio (Sosa *et al.* 2013).

IV. Contenido de clorofila en hoja

La variable contenido de clorofila en hoja, medida como índice de verdor mostró diferencias tanto en los tratamientos con N mineral como en los que recibieron efluentes. Esto podría deberse a que el contenido de clorofila en la hoja de maíz está estrecha y positivamente relacionado a la concentración de N, tal lo determinado por Wolfe *et al.* (1988).

Gandrup *et al.* (2004) indicaron que el índice de verdor tiene valores ajustados aceptables en relación a la fertilización nitrogenada y al posterior rendimiento del cultivo. Sainz Rozas y Echeverría (1998) encontraron además que esta correlación entre la fertilización nitrogenada y el índice de verdor, se ve reflejada cuando las mediciones se realizan en estadios avanzados del cultivo (15 días alrededor de floración).

Se determinó que un valor adecuado de clorofila para un buen rendimiento de grano de maíz debe ser superior a las 50 unidades SPAD en la hoja opuesta a la espiga (Novoa y Villagran, 2002; Sainz Rozas y Echeverría, 1998). En el presente experimento, si bien hubo diferencias de unidades SPAD, ningún tratamiento produjo valores muy superiores a este nivel, ni tampoco inferiores al umbral (50 unidades SPAD), lo que explicaría que ningún tratamiento haya logrado sobresalir en términos de producción de biomasa.

V. Calidad nutricional

La calidad del forraje medida en términos de composición nutricional como PB, FDA o cenizas y la energía metabólica no presentaron diferencias ante el agregado de diferentes dosis de efluentes. El equipo de trabajo de Charlon *et al.* (2005), al probar diferentes momentos de aplicación del efluente, indicaron que mientras más cerca de la siembra se realizara la fertilización, mayor sería el contenido de PB, encontrándose diferencias entre tratamientos, que no pudieron determinarse en los contenidos de FDA y FDN.

En este ensayo, a pesar de haber aplicado N orgánico al momento de la siembra no pudieron diferenciarse los tratamientos en contenido de PB.

La similitud en valores de FDA que arrojaron tratamientos con distintas dosis de efluentes, se equipara a los resultados obtenidos por Charlon *et al.* (2006) y Diez (2012a) quienes comprobaron tras sus investigaciones, que a dosis progresivas de N aplicado, el contenido de PB se veía aumentado y la FDA y FDN se mantenían constantes.

CONCLUSIONES

Los efluentes generados en los sistemas de producción de leche podrían dejar de ser un residuo para ser un recurso, si son utilizados dentro de los mismos. La estrategia de aplicación de efluentes tiene numerosos beneficios, tanto para el sistema suelo, como para la producción de cultivos, promoviendo sistemas más sustentables, tanto ambiental como económicamente.

Es muy importante haber comprobado que la aplicación de efluentes al momento de la siembra no perjudica la emergencia y posterior desarrollo del cultivo, permitiendo una mayor eficiencia del uso del suelo.

Si bien la utilización de efluentes a campo como fertilizante de una pastura o cultivo anual puede no generar respuestas productivas diferenciales por las características del año, la fecha de siembra y el sitio ensayado, su uso constituiría una inversión a largo plazo.

Sería importante realizar este tipo de ensayos a lo largo de varios años para poder comprobar el efecto acumulado de la aplicación de fertilizantes orgánicos al suelo, evaluando la respuesta potencial de la aplicación de estos cuando la misma es una práctica habitual.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE, F; A CIRILO; S UHART, y M OTEGUI (EDS.). 1996. Ecofisiología del Cultivo de Maíz. Ed: La Barrosa. p: 60-61; 255 – 267.
- AOAC. 1984. Official methods of analysis of the association of official agricultural chemists. Washington, DC. USA.
- BALBOA, G.R. 2008. Relación entre el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI) y el rendimiento en grano de maíz (*Zea mays* L.), fertilizado con nitrógeno en diferentes zonas de manejo. Tesis. Fac de Agronomía y Veterinaria, Univ. Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- BELOW, F. E. 2002. Fisiología, nutrición y fertilización nitrogenada de maíz. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Informaciones Agronómicas N° 54. p: 3 – 9.
- BERENGUER P., SANTIVERI F., BOIXADERA J. y LLOVERAS J. 2008. Fertilisation of irrigated maize with pig slurry combined with mineral nitrogen. Eur. J. Agron. 28, 635-645.
- BETANCOURT YANEZ, J.; J. GONZÁLEZ RÍOS; B. FIGUEROA SANDOVAL Y F. GONZÁLEZ COSSIO. 1998. Cobertura vegetativa y fertilización nitrogenada en la producción de maíz. Revista científica Latinoamericana Terra, volumen 16, numero 3. p: 232-237.
- CHARLÓN V.; L. ROMERO; A. CUATRIN & M. TAVERNA. 2005. Efecto del momento de aplicación y de fuentes de nitrógeno en un cultivo de maíz. Revista Argentina producción animal. 28° Congreso Argentino de producción Animal. Vol. 25, Supl. 1 SP 33.
- CHARLÓN, V.; CUATRÍN, A.; VIVAS, H. Y TAVERNA, M.2006. Utilización de residuos orgánicos en la producción acumulada y la calidad de una pastura de alfalfa pura. En: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/65-residuos.pdf . Consultado: 8/12/14.
- CHARLÓN, V. 2007a. Residuos en las instalaciones de ordeño. En: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/instalaciones_tambo/138-residuos.pdf. Consultado: 8/02/13.
- CHARLÓN V.; L. ROMERO; A. CUATRIN y M. TAVERNA. 2007b. Utilización de residuos orgánicos en el rendimiento y la calidad de un cultivo de avena. Revista Argentina de Producción Animal. 27: 214 - 215.
- CHARLÓN V.; L. ROMERO; A. CUATRIN y M. TAVERNA. 2007c. Utilización de residuos del tambo en un cultivo de sorgo forrajero para silaje. Revista Argentina de Producción Animal. 27: 216 - 217.

- CIAMPITTI I.A. y F.O. GARCÍA. 2007. Requerimientos nutricionales, absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I Cereales, Oleaginosos e Industriales. Informaciones Agronómicas N° 33, Archivo Agronómico N° 11. IPNI ConoSur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- CISNEROS, J; A. CANTERO y C. CHOLAKY. 2000. Uso y Manejo de Suelos. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Río Cuarto, Córdoba. p:41
- DIEZ, M. 2012a. Manejo de los efluentes originados en tambo: Una experiencia en el este de La Pampa. En: [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/0063668E9DA7A82C852579840057AFB3/\\$FILE/16.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/0063668E9DA7A82C852579840057AFB3/$FILE/16.pdf). Consultado: 19/02/13.
- DIEZ, E. 2012b. Relación entre la fracción de cubierta vegetal verde y el óptimo económico de la fertilización nitrogenada en maíz. Tesis. Fac de Agronomía y Veterinaria, Univ. Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- DI RIENZO, J.A., F. CASANOVES, M.G. BALZARINI, L. GONZALEZ L., TABLADA M. y C.W. ROBLEDO. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>. Consultado: 04/02/13.
- ESPÓSITO, G; G BALBOA; C CASTILLO; R BALBOA & A DEGIOANI. 2012. Fecha de siembra y fertilización variable de maíz sobre haplustoles de Córdoba. XIX Congreso latinoamericano de la ciencia del suelo.
- FALCO, A. 2010. Desarrollo de un modelo de diagnóstico de fertilización nitrogenada por zonas de manejo. Tesis. Fac de Agronomía y Veterinaria, Univ. Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- FENG, G.L., J. LETEY, A.C. CHANG and M. CAMPBELL M. 2005. Simulating dairy liquid waste management options as a nitrogen source for crops. Agriculture, Ecosystems & Environment. 110: 219-229.
- FONTANETTO, H., S.GAMBAUDO, N. SOSA, S. IMHOFF y O. ZEN. 2010a. Efluentes del tambo: su utilización como fertilizante orgánico en maíz. En: http://www.socruraldenogoya.com.ar/Efluentes%20de%20tambo_%20su%20utilizacion%20como%20fertilizante%20en%20maiz.pdf. Consultado: 13/08/12.
- FONTANETTO, H., S. GAMBAUDO, V. CHARLON, M. TAVERNA, y S. IMHOFF. 2010b. Manejo y utilización de los efluentes de sistemas ganaderos. En: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/manejo/articulos/manejo-utilizacion-efluentes-sistemas-t2817/124-p0.htm>. Consultado: 13/08/12.
- GANDRUP, M., F. GARCIA, K. FABRIZZI, y H. Echeverria. 2004. Evolución de un índice de verdor en hoja para evaluar el status nitrogenado en trigo. Revista RIA 33 (3): 105-121. p:105-121.

- GARCIA F., 1999. Fertilización de maíz en la región pampeana. Agromercado, Cuadernillo Maíz
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London 2nd edition. p: 889.
- GARCIA, F.O. 2005. Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. En: [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/3bc3a0c31c99bad703257040004b8ae6/\\$FILE/FGarcia%200Maiz%202005%20Cordoba.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/3bc3a0c31c99bad703257040004b8ae6/$FILE/FGarcia%200Maiz%202005%20Cordoba.pdf). Consultado: 17/09/12.
- HERRERO, A. 2010. Efluentes del tambo, ¿Algo molesto a eliminar o un recurso a utilizar? *Producir XXI*. Bs.As. 19 (230). p:68-71.
- HERRERO, A. 2014. El ambiente nuestro aliado. Jornada de actualización técnica ganadera. Río Cuarto- Córdoba, Argentina.
- IMHOFF, S., P. GHIBERTO, M.E. CARRIZO, V. CHARLÓN, O. ZEN y S. GAMBAUDO. 2011. Uso alternativo de efluentes de tambo para disminuir el impacto ambiental. En: <http://fich.unl.edu.ar>. Consultado: 23/01/13.
- KHAN, A.U.H., M. IQBAL and K.R. ISLAM. 2007. Dairy manure and tillage effects on soil fertility and corn yields. *Bioresource Technology*. p: 1972-1979.
- LASCARAY, J.O. 2011. Muestreo de efluentes líquidos Residuales industriales. En: <http://www.aidisar.org.ar/Cursos%202011/peritos/lascaray231111.pdf>. Consultado: 07/08/12.
- MELGAR, R. 2002. Manejo del riesgo de la fertilización de Cereales. www.fertilizar.org.ar. Consultado: 07/08/12.
- MELCHIORI, R J and O P CAVIGLIA. 2008. Maize kernel growth and kernel water relations as affected by nitrogen supply. *Field Crops Res.* 108: 198-205
- MINAGRI, 2013. Estadísticas: Producción de leche en Argentina. En: http://64.76.123.202/site/_subsecretaria_de_lecheria/lecheria/07_Estad%3%ADsticas/_01_Nacional/serie/Prod_Mensual_2.htm. Consultado: 10/02/14.
- MONACO, S., D.J. HATCH, D. SACCO, C. BERTORA y C. GRIGNAN. 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 & Biochemistry*. p: 608-615.
- MONTGOMERY, E.G.1911. Correlation studies of corn. *Nebraska Agricultural Station Annual Report*, Lincoln. 24, p.108-159.
- MULLEN, R.W.; K.W. FREEMAN; W.R. RAUN; G.V. JOHNSON; M.L. STONE and J.B. SOLIE. 2003. Identifying an in-season response index and the potential to increase wheat yield with nitrogen. *Agron. J.* 95:347-351.
- NOSETTI, L. , HERRERO, M. A. , POL, M., MALDONADO MAY, V., IRAMAIN, M. S. y FLORES, M. 2002. Cuantificación y caracterización de agua y

- efluentes en establecimientos lecheros. *InVet.* 2002, 4(1): 37-43.
- NOVOA, R. y VILLAGRAN A. 2002. Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. *Agricultura Técnica* 62 p:165-171.
- POMARES, F. y CANET, R. 2001. Residuos orgánicos utilizables en agricultura: origen, composición y características. En: Boixadera, J., Teira, M.R. (eds.). *Aplicación Agrícola de residuos orgánicos*. Universidad de Lleida. Lleida, España.
- PURCELL, L.C. 2000. Soybean canopy coverage and light interception measurement using digital imagery. *Crop Sci.* 40:834–837.
- QUIROGA A., R. FERNÁNDEZ., M.FARRELL Y O. ORMEÑO. 2008. Caracterización de los suelos de tambos de la cuenca de Trenque Lauquen. *Revista CREA*, Año XXXVI, No. 324.
- RICHARDSON, M.D.; D.E. KARCHER and L.C. PURCELL. 2001. Quantifying Turfgrass Cover Using Digital Image Analysis. *Agron. J.* 41: 1884-1888.
- RITCHIE, W. J. HANWAY 1997. How a corn plant develops. Special Reports N° 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa.:21 p.
- SAINZ ROZAS, H. y H. E. ECHEVERRÍA. 1998. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. *Rev. Fac. Agron., La Plata* 103 (1):37-44.
- SALVAGIOTTI, F; H PEDREROL & J CASTELLARIN. 2002a. Diagnostico de la fertilización nitrogenada en maíz. II. Relación entre la respuesta de rendimiento y la concentración de N-NO₃ en el suelo en el estadio V5-V6. Para mejorar la producción 20: 71-74.
- SALVAGIOTTI, F; H PEDREROL; J CASTELLARIN; J CAPURRO; J C FELIZIA; A GARGICEVICH; O GENTILI; J MENDEZ & N. TRENTINO. 2002b. Diagnostico de la fertilización nitrogenada en maíz. I. Relación entre la respuesta de rendimiento y la disponibilidad de nitrógeno a la siembra. Para mejorar la producción 20: 67-70.
- SÁNCHEZ, N.; J. MARTÍNEZ FERNÁNDEZ; M. PILES; A. AGUASCA; G. BARONCINI-TURRICCHIA; M. VALL-LLOSERA; A. CAMPS; A. MONERRIS y N. RODRÍGUEZ ÁLVAREZ. 2011. Experimentos in situ para mejorar la estimación remota de humedad del suelo en banda L. *Jornadas de Investigación en la Zona no Saturada del Suelo. Estudios en la Zona no Saturada del Suelo. Vol X.* 125-130pp.
- SCHRÖDER, J.J.; AARTS, H.F.M.; VAN MEDDELKOOP, J.C.; SCHILS, R.L.M.; VELTHOF, G.L., B. FRATERS and 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 J. Agronomy.* p: 102-114.
- SEILER, R., R. FABRICIUS, V. ROTONDO y M. VINOCUR. 1995. *Agroclimatología de Río Cuarto – 1974 / 1993. Volumen I.* UNRC. p: 41.

- SERRANO, L.; I. FILELLA and J. PENUELAS. 2000. Remote sensing of biomass and yield of winter wheat under different nitrogen supplies. *Crop Sci.* 40:723–731.
- SOSA, N; S.GAMBAUDO, H. FONTANETTO y O. KELLER. 2010. Aplicación de enmienda orgánica en un cultivo de maíz. E.E.A.INTA Rafaela. Información técnica cultivos de verano. Campaña 2010. *publicación miscelánea n° 118*.
- SOSA, N; S.GAMBAUDO, y J.GIORDANO. 2013. Aprovechamiento de residuos orgánicos de origen ganadero en agricultura. 4° Jornada Nacional de forrajes conservados. Recopilación de presentaciones técnicas. p: 75-92.
- TAVERNA, M. y FARIÑA, S. 2013. La producción de leche en Argentina. Anuario de la lechería Argentina 2013. Fundación para la Promoción y el Desarrollo de la Cadena Láctea Argentina - FunPEL. Ed. Inforcampo SA. p:11-12.
- VAN SOEST, P. J., J. B. ROBERTSON and B. A. LEWIS. 1991. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *J Dairy Sci* 74:3583-3597.
- VAN SOEST, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA. 476p.
- VIEYTES, A.L. 2011. El manejo de efluentes en tambo. En: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/manejo/articulos/tratamiento-de-efluentes-en-tambo-t3288/124-p0.htm>. Consultado: 08/06/12.
- VOS, J.; P.E.L. VAN DER PUTTEN, and C.J. BIRCH. 2005. Effect of nitrogen supply on leaf appearance, leaf growth, leaf nitrogen economy and photosynthetic capacity in maize (*Zea mays* L.). *Field Crops Research*. Volume 93, Issue 1, 14 July 2005, p: 64–73.
- VOS, J. and VAN DER PUTTEN, P.E.L.1998. Effect of nitrogen supply on leaf growth, leaf nitrogen economy and photosynthetic capacity in potato. *Field Crops Res.* 59, 63–72.
- WOLFE, D.W., D.W. HENDERSON, T.C. HSIAO y A. ALVINO. 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescens of maize. II. Photosynthetic decline and longevity of individual leaves. *Agron. J.* 80:865-870.
- YAGÜE, M.R. and QUÍLEZ, D. 2010. Response of maize yield, nitrate leaching, and soil nitrogen to pig slurry combined with mineral nitrogen. *J. Environ. Qual.* 39,1-11.
- ZUBIZARRETA J. 2007. Balance de nutrientes en tambos. Informe CREA Zona Oeste Arenoso, Grupo Trenque Lauquen III.

ANEXOS

Anexo 1: Análisis estadístico de plantas emergidas

Análisis de la varianza

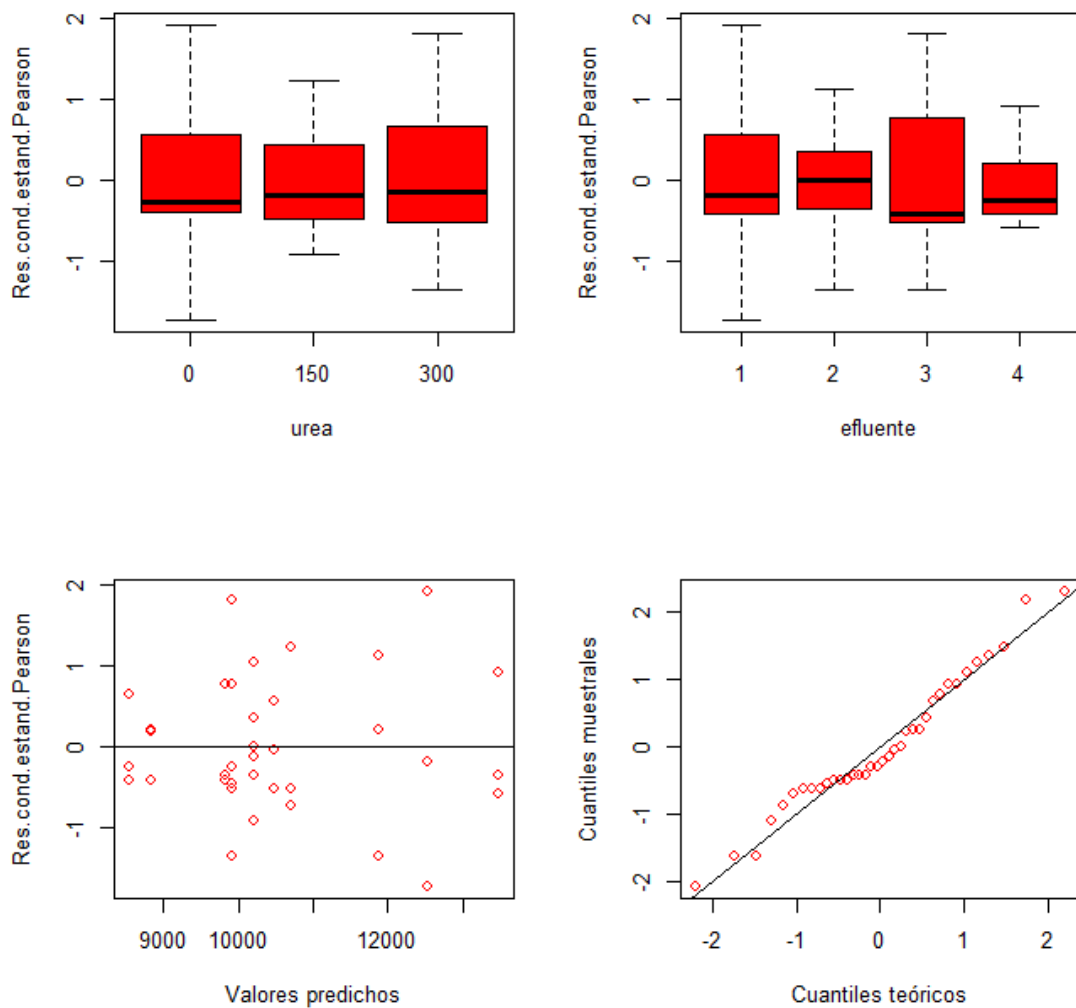
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
mil Pl/ha en V2	40	2.6E-03	0.00	5.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.10	3	0.37	0.03	0.9925
Efluente	1.10	3	0.37	0.03	0.9925
Error	426.40	36	11.84		
Total	427.50	39			

Anexo 2: Análisis estadístico para producción de biomasa en R1

Validación de supuestos



Modelo

Medidas de ajuste del modelo para R1

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1	R2_2
36	282.88	300.55	-126.44	34.49	0.33	0.33	0.42

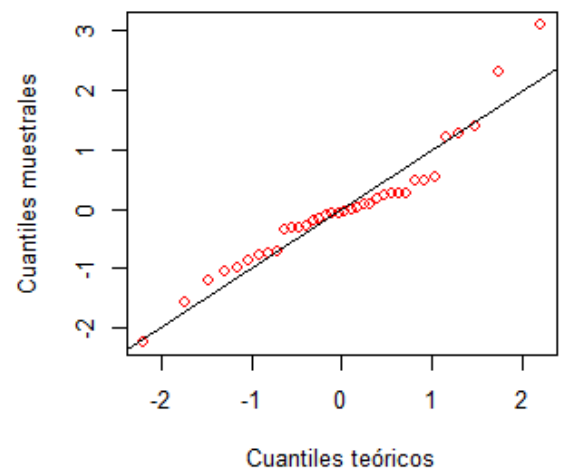
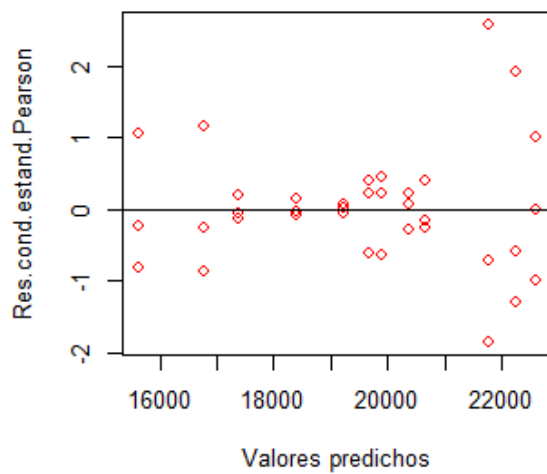
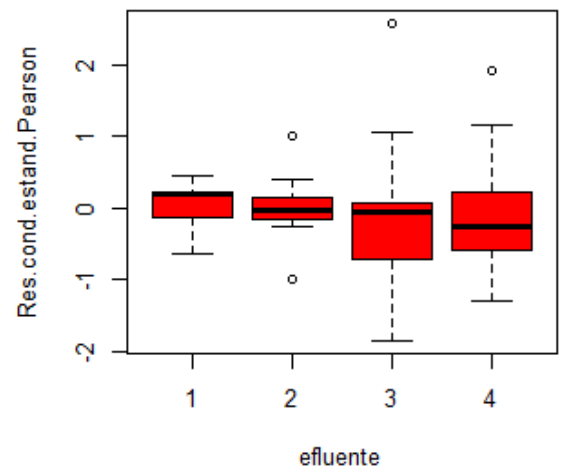
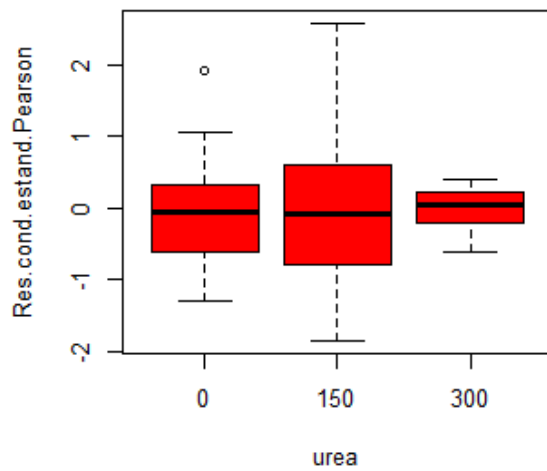
AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	18	567.27	<0.0001
urea	2	4	1.61	0.3075
efluente	3	18	0.14	0.9364
urea:efluente	6	18	1.36	0.2814

Anexo 3: Análisis estadístico para producción de biomasa en R3

Validación de supuestos



Modelo

Medidas de ajuste del modelo R3

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1	R2_2
36	298.82	316.49	-134.41	49.74	0.37	0.37	0.37

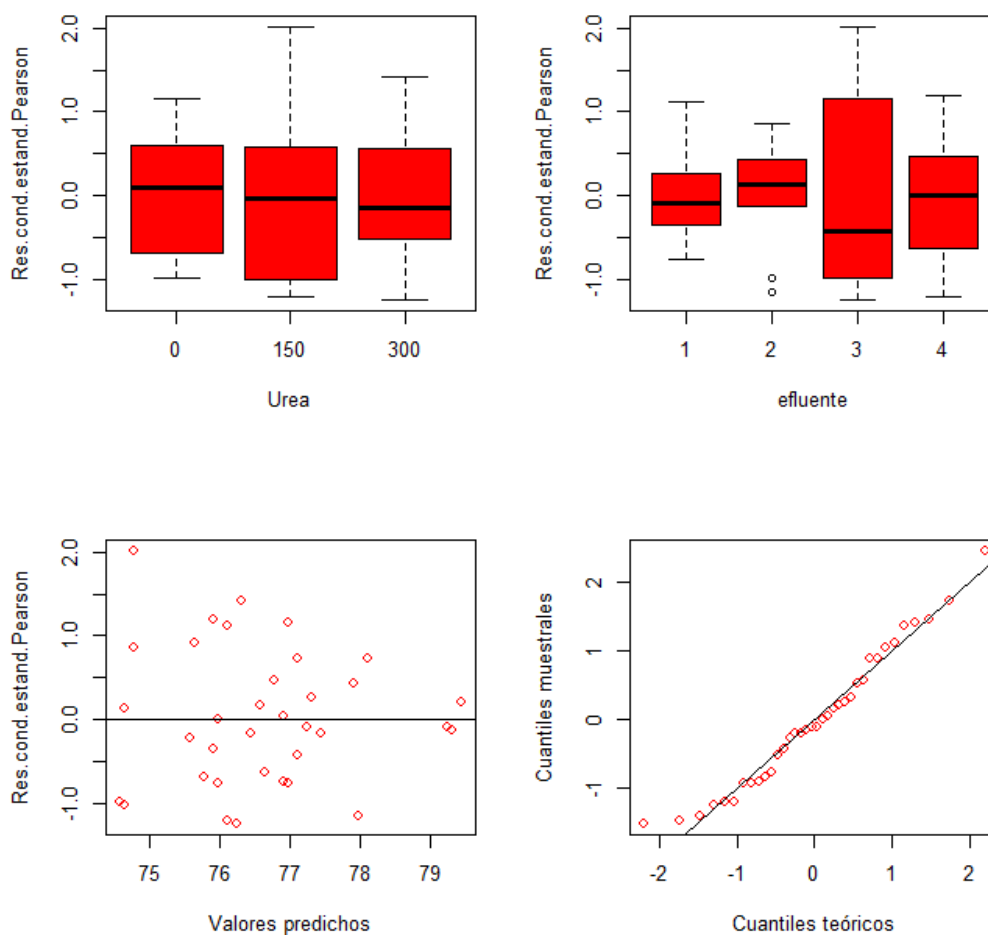
AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	18	1230.01	<0.0001
urea	2	4	0.25	0.7936
efluente	3	18	0.50	0.6900
urea:efluente	6	18	2.03	0.1148

Anexo 4: Análisis estadístico para intercepción de la radiación en R1

Validación de supuestos



Modelo

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1	R2_2
36	157.20	174.87	-63.60	2.59	0.26	0.28	0.28

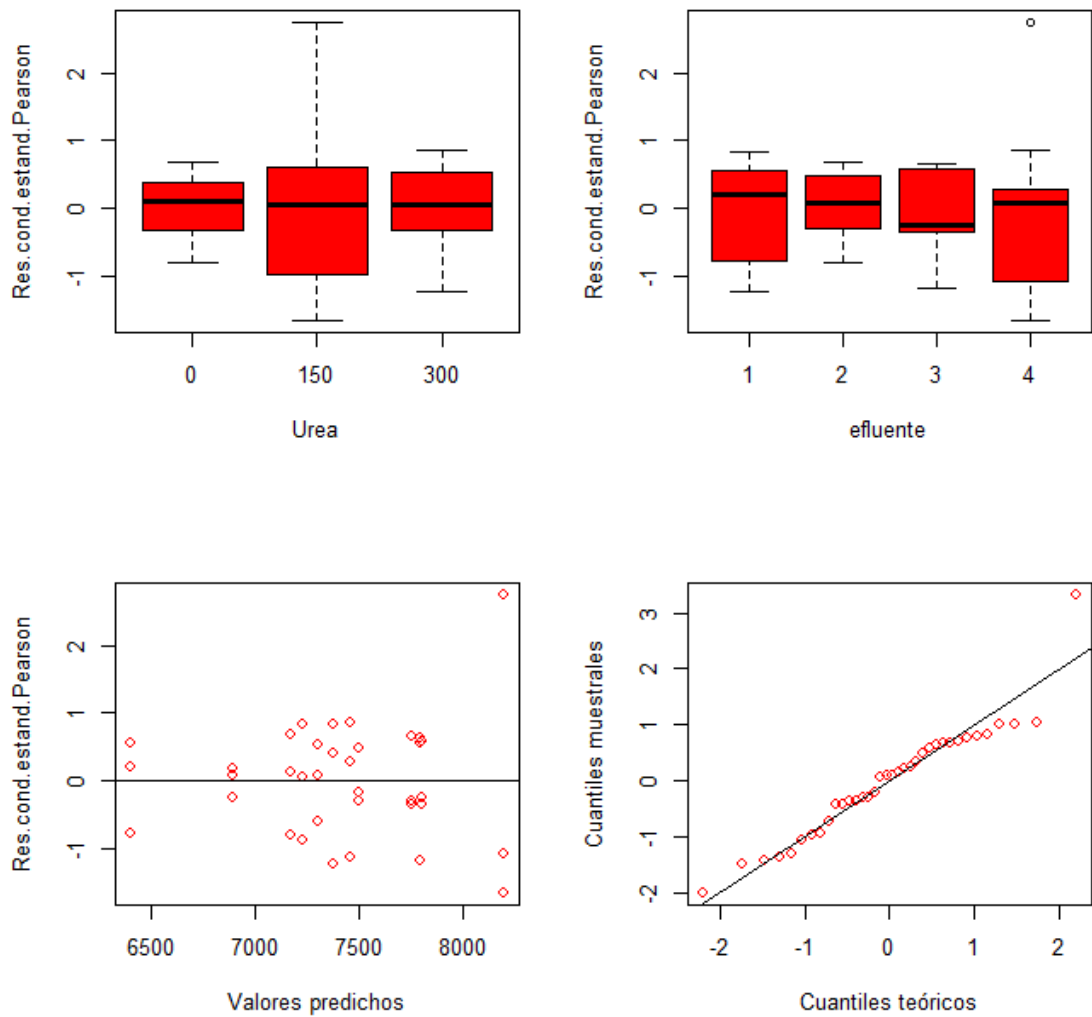
AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	18	27419.38	<0.0001
Urea	2	4	0.12	0.8932
efluente	3	18	0.52	0.6739
Urea:efluente	6	18	1.15	0.3743

Anexo 5: Análisis estadístico para área foliar en R1

Validación de supuestos



Modelo

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1	R2_2
36	425.68	446.88	-194.84	743.62	0.34	0.33	0.33

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	18	903.31	<0.0001
Urea	2	4	1.86	0.2685
efluente	3	18	3.06	0.0545
Urea:efluente	6	18	0.58	0.7427

Medias ajustadas y errores estándares para efluente

LSD Fisher (Alfa=0.05)

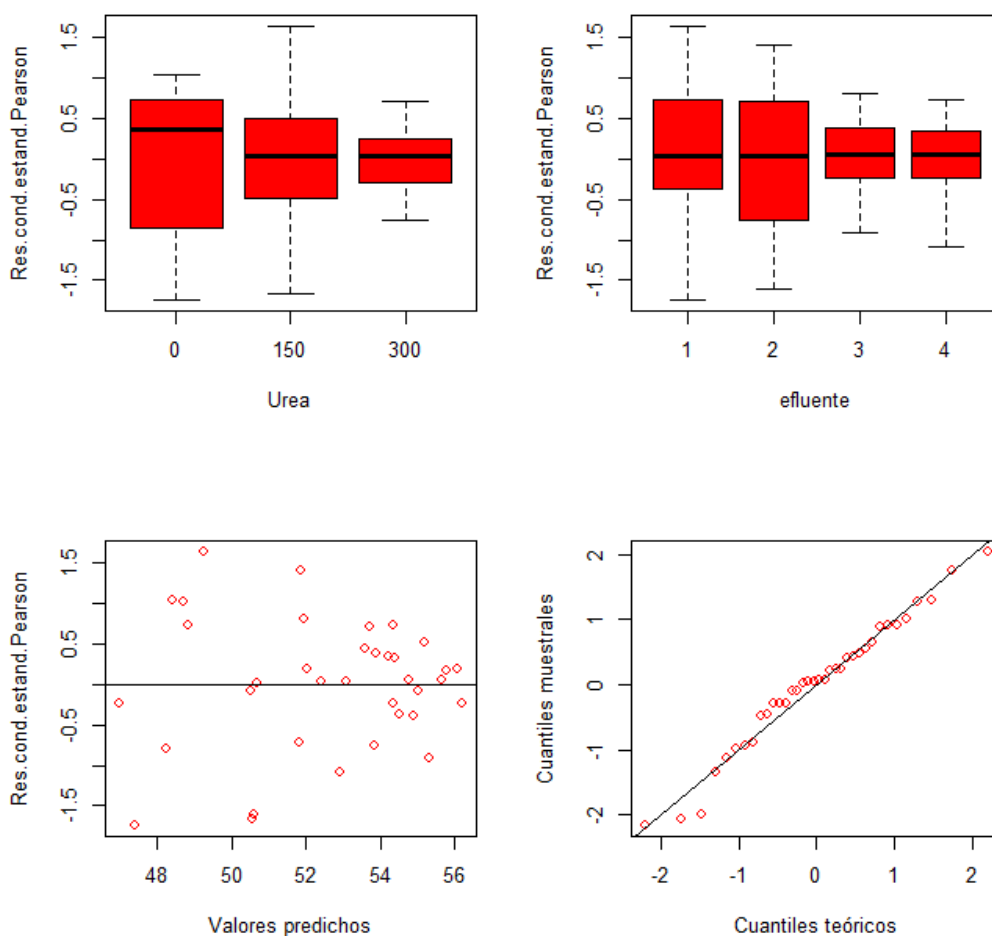
Procedimiento de corrección de p-valores: No

Efluente	Medias	E.E.		
3	7781.82	264.58	A	
4	7515.24	473.28	A	B
2	7324.77	219.87		B
1	7002.49	324.22		B

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

Anexo 6: Análisis estadístico del contenido de clorofila en hoja en R1

Validación de supuestos



Modelos

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1	R2_2
36	156.14	176.17	-61.07	3.12	0.55	0.60	0.60

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	18	7848.40	<0.0001
Urea	2	4	7.03	0.0490
efluente	3	18	4.81	0.0124
Urea:efluente	6	18	1.65	0.1902

Medias ajustadas y errores estándares para Urea

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Urea	Medias	E.E.	
300	54.38	0.51	A
150	52.09	1.04	A B
0	51.20	0.99	B

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

Medias ajustadas y errores estándares para efluente

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Efluente	Medias	E.E.	
4	54.53	0.98	A
3	53.97	0.98	A
2	50.90	0.98	B
1	50.82	0.98	B

Anexo 7: Análisis estadístico para calidad nutricional del cultivo al momento del corte según nivel de efluente

% Cenizas (C%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C % (b.s.)	12	0.25	0.00	14.94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.70	3	0.90	0.89	0.4885
Efluente	2.70	3	0.90	0.89	0.4885
Error	8.12	8	1.02		
Total	10.82	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.89736

Error: 1.0155 gl: 8

Efluente	Medias	n	E.E.	
20.00	6.01	3	0.58	A
40.00	6.65	3	0.58	A
0.00	7.07	3	0.58	A
60.00	7.25	3	0.58	A

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

% Proteína Bruta (%PB)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PB % (b.s.)	12	0.31	0.06	9.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.82	3	0.61	1.22	0.3649
Efluente	1.82	3	0.61	1.22	0.3649
Error	4.00	8	0.50		
Total	5.83	11			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.33157

Error: 0.5002 gl: 8

Efluente	Medias	n	E.E.	
0.00	7.21	3	0.41	A
20.00	7.38	3	0.41	A
40.00	7.78	3	0.41	A
60.00	8.22	3	0.41	A

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

% Fibra Detergente Ácido (%FDA)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDA% (b.s.)	12	0.29	0.03	8.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11.40	3	3.80	1.10	0.4028
Efluente	11.40	3	3.80	1.10	0.4028
Error	27.56	8	3.45		
Total	38.96	11			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.49493

Error: 3.4455 gl: 8

Efluente	Medias	n	E.E.	
40.00	20.82	3	1.07	A
60.00	22.13	3	1.07	A
0.00	22.97	3	1.07	A
20.00	23.37	3	1.07	A

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

Energía Metabolizable (EM, Mcal/kg MS)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EM Mcal/kg MS	12	0.30	0.04	1.77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	3	2.5E-03	1.16	0.3846
Efluente	0.01	3	2.5E-03	1.16	0.3846
Error	0.02	8	2.1E-03		
Total	0.02	11			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.08679

Error: 0.0021 gl: 8

Efluente	Medias	n	E.E.	
20.00	2.57	3	0.03	A
0.00	2.58	3	0.03	A
60.00	2.60	3	0.03	A
40.00	2.64	3	0.03	A

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

Anexo 8: Análisis estadístico para calidad nutricional del cultivo al momento del corte según nivel de urea.

% Cenizas (%C)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C % (b.s.)	12	0.30	0.15	13.58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.27	2	1.64	1.95	0.1980
Urea	3.27	2	1.64	1.95	0.1980
Error	7.55	9	0.84		
Total	10.82	11			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.46522

Error: 0.8391 gl: 9

Urea	Medias	n	E.E.	
300.00	6.38	4	0.46	A
150.00	6.38	4	0.46	A
0.00	7.48	4	0.46	A

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

% Proteína Bruta (%PB)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PB % (b.s.)	12	0.03	0.00	10.38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.16	2	0.08	0.13	0.8833
Urea	0.16	2	0.08	0.13	0.8833
Error	5.67	9	0.63		
Total	5.83	11			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.26936

Error: 0.6297 gl: 9

Urea	Medias	n	E.E.	
150.00	7.57	4	0.40	A
0.00	7.57	4	0.40	A
300.00	7.81	4	0.40	A

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

% Fibra Detergente Acido (%FDA)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDA% (b.s.)	12	0.55	0.45	6.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21.28	2	10.64	5.41	0.0286
Urea	21.28	2	10.64	5.41	0.0286
Error	17.69	9	1.97		
Total	38.96	11			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.24234*Error: 1.9651 gl: 9*

Urea	Medias	n	E.E.	
300.00	20.45	4	0.70	A
150.00	23.13	4	0.70	B
0.00	23.40	4	0.70	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)***Energía Metabolizable (EM, Mcal/kg MS)**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EM Mcal/kg MS	12	0.54	0.44	1.35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	2	0.01	5.38	0.0291
Urea	0.01	2	0.01	5.38	0.0291
Error	0.01	9	1.2E-03		
Total	0.02	11			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.05618*Error: 0.0012 gl: 9*

Urea	Medias	n	E.E.	
0.00	2.57	4	0.02	A
150.00	2.58	4	0.02	A
300.00	2.65	4	0.02	B

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