

Jauregui, Juan Ángel

*Evaluación de la producción de biomasa de
Setaria sphacelata (Schumach.) var. anceps (cv.
Narok) en Cuenca del Salado*

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

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

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

Cómo citar el documento:

Jauregui, J. A. 2011. Evaluación de la producción de biomasa de *Setaria sphacelata* (Schumach.) var. *anceps* (cv. Narok) en Cuenca del Salado [en línea]. Trabajo Final. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina.

Disponible en:

<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluacion-produccion-biomasa-setaria-sphacelata.pdf>. [Fecha de Consulta:.....]

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



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA
ARGENTINA**

Facultad de Ciencias Agrarias

Ingeniería en Producción Agropecuaria

“Evaluación de la producción de biomasa de *Setaria
sphacelata* (Schumach.) var. anceps (cv. Narok) en Cuenca
del Salado”

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

Autor: Juan Angel Jauregui

Profesor Tutor: Roberto Huarte

Fecha: 27-05-2011

Índice

Resumen.....	3
Introducción.....	4
Objetivos.....	6
Materiales y métodos.....	6
Resultados y discusión.....	8
Conclusiones.....	13
Anexos.....	14
Bibliografía.....	28

Evaluación de la producción de biomasa de *Setaria sphacelata* (Schumach.) var. anceps (cv. Narok) en Cuenca del Salado

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar la productividad de *Setaria sphacelata* cv. Narok en comparación a la obtenida por un pastizal natural típico de la Cuenca del Salado (Provincia de Buenos Aires). *S. sphacelata* es una especie megatérmica caracterizada por su tolerancia a ciertas condiciones marginales para el crecimiento. El ensayo se realizó en el establecimiento “La Espadaña” ubicado próximo a la ciudad de Verónica, partido de Punta Indio, Provincia de Buenos Aires, Argentina (Lat.35° 27’S, 57° 22’O). Se analizó la productividad (Kg MS Ha⁻¹) de *Setaria* con y sin la adición de fertilizante nitrogenado (75 Kg Ha⁻¹ de N²) aplicado en forma de urea granulada, en relación con la producción del pastizal natural sin fertilizar. La siembra se realizó el 4 de Diciembre de 2009 mediante labranza convencional. Se analizó además la dinámica de generación de macollos. El diseño experimental fue un DCA con tres repeticiones para cada tratamiento. En el año de siembra, la productividad del campo natural (Kg MS Ha⁻¹ ± EEM) fue menor a la obtenida en ambos tratamientos con *Setaria* (p<0,05) (737,33 ± 13,68; 6555,78 ± 1076 y 7788 ± 1865 para campo natural, *Setaria* sin y con N respectivamente). Los registros de producción del segundo año ascendieron a 5730± 467,0 y 7925 ± 573,6 (*Setaria* no fertilizada y fertilizada respectivamente) y el campo natural a 1018 ± 108,6 encontrándose diferencias significativas entre todos los tratamientos (p<0,05). Este año sí se observó un incremento en la producción de biomasa en el tratamiento fertilizado respecto al no fertilizado. Los resultados obtenidos demuestran que *S. sphacelata* es una alternativa interesante para incrementar la producción primaria en la Pampa deprimida de la provincia de Buenos Aires.

Introducción

La Cuenca del Río Salado, también llamada Pampa deprimida, forma parte del sistema hidrográfico de la Cuenca del Río de la Plata. Esta cuenca abarca un área de 186.000 km², más de la mitad de la superficie de la provincia de Buenos Aires, cubre 56 de sus 134 municipios y es una de las áreas más importantes de la Argentina en términos socioeconómicos (Herzer *et al.*, 2003). Las características agroecológicas más relevantes de esta zona son: inundaciones periódicas generalizadas, napa freática fluctuante cercana a la superficie y en algunos casos con agua de mala calidad, tanto para las especies forrajeras como para el consumo animal, presencia de tosca, salinidad, presencia de un horizonte arcilloso de baja permeabilidad que limita la penetración radical, y deficiencia de fósforo en toda la región (Cieza, 2006).

Las inundaciones son el problema más recurrente en la zona, representando el 85% de los desastres ocurridos (Herzer *et al.*, 2004) y alternado con períodos de sequía. Se presentan problemas difíciles de resolver tales como: drenaje insuficiente, escasa pendiente y fenómenos de hidromorfismo con sus consecuencias de estancamiento del agua sobre la superficie (Lalanne *et al.*, 2004).

En términos históricos la actividad agropecuaria más desarrollada en Cuenca del Salado es la de cría de bovinos de carne. Esta actividad se desarrollaba extensivamente con escasa adopción de tecnología y mínima participación de la agricultura. En los últimos años se produjo un avance generalizado de la agricultura sobre los mejores suelos ganaderos, generado por la diferencia de rentabilidad y por el desincentivo a la producción de carne. Se requiere incorporar nuevas tecnologías para recuperar la rentabilidad de la ganadería (Vázquez *et al.*, 2008).

Melgar *et al.* (2007) afirmaron que si bien en esta zona el manejo del campo natural es la base de la producción ganadera, las praderas implantadas de especies megatérmicas son un recurso interesante en planteos ganaderos.

Décadas atrás, la incorporación de *Thynopiron ponticum* (agropiro alargado), especie con tolerancia a moderados niveles de salinidad en suelos de severos problemas de drenaje, incrementó la producción primaria sensiblemente. Otra práctica utilizada en la Cuenca del Salado es la promoción de la germinación de *Rye Grass (Lolium multiflorum)* en bajos dulces con leves niveles de salinidad, aportando un alimento de excelente calidad pero de escaso volumen. Esta técnica fue y es cuestionada por los crecientes costos de herbicidas y fertilizantes, por las escasas raciones logradas por hectárea y porque su ciclo fenológico no coincide con los requerimientos nutricionales de la ganadería de cría.

De lo expuesto se deduce que para mantener un esquema productivo sustentable es necesario invertir en nuevos métodos agronómicos. En este marco conceptual la evaluación de la producción de especies de origen subtropical no fue demasiado explorada. Dentro de estas especies, ciertos materiales están caracterizados por presentar una tolerancia importante a condiciones de estrés abiótico presentes.

Entre los materiales con capacidad potencial para ser utilizados en esta zona, *Setaria* sería una especie promisoría. En efecto *Setaria sphacelata* es una

alternativa importante a considerar en la Cuenca del Salado y otras regiones húmedas de Argentina.

Es una especie perenne de buen porte, productividad y gran palatabilidad, buena foliosidad y persistencia en verde aún en presencia de heladas leves (Jones, 1963). Es perdurable a campo debido a su sistema de propagación por rizomas cortos. En otros países es usada comúnmente para pastoreo directo de lecheras y ganado vacuno de carne, aunque también sirve para ensilar o para producir heno como formas de reservas forrajeras (Moser *et al.*, 2004). Sus requerimientos hídricos son superiores a 750 mm pero soporta períodos secos relativamente prolongados (Rattray, 1960). Presenta muy buen comportamiento observado en diversos suelos: ya sean livianos y ácidos, negros y profundos, calcáreos y pesados (Rattray 1960; Clayton y Renvoize, 1982; Mas, 2007). Resiste bajas temperaturas, comunes en la cuenca, registrándose en el cultivar Narok una mayor producción invernal y resistencia a temperaturas extremas de hasta $-3,5^{\circ}\text{C}$ durante tres días consecutivos sin el cese de la producción (Davies y Forde, 1991; Partridge, 2003). La tolerancia a las bajas temperaturas radica en que su centro de origen se encuentra en altitudes cercanas a 3.300 metros sobre el nivel del mar (Clayton y Renvoize, 1982). No obstante, la temperatura óptima de crecimiento de *S. sphacelata* se ubica entre los 18 y 22°C (Mas, 2007). Esta es similar a la media de la Cuenca ($\pm 15^{\circ}\text{C}$).

Setaria Narok manifiesta una respuesta importante al agregado de nitrógeno en el suelo, en efecto, Borrajo y Picio (2006) reportaron que la aplicación de 50 kg Ha^{-1} de urea a principios de primavera permitió incrementar entre un 15 a 25 % la producción de biomasa respecto al tratamiento control. Tanto el rendimiento como la estructura del canopeo se encuentra afectado por la fertilización nitrogenada (Bendersky *et al.*, 2006), aumentando el número de macollos logrados y la producción. Responde significativamente a la aplicación de este nutriente hasta 150 kg Ha^{-1} (Vidal, 2000) dependiendo este resultado tanto de la disponibilidad inicial de nitratos, como del porcentaje de materia orgánica y la tasa de mineralización de la misma.

Otro aspecto de interés es su capacidad de mejorar la estructura de los suelos y aumentar el porcentaje de materia orgánica (Martín, 1944-1945). Silva y Mielniczuk (1997) reportaron que la alta densidad de raíces aumentó la formación de agregados.

Actualmente en Argentina se encuentran en el mercado tres cultivares disponibles de *Setaria sphacelata*: Narok, Kazungula y Solander. El cultivar Narok es el más recomendado en la zona porque presenta mayor resistencia al frío, permanece por más tiempo con las hojas verdes en invierno y rebrota rápidamente al aumentar la temperatura, y comparado con los otros cultivares posee una mejor relación hoja-tallo. Estas características hacen a *Setaria sphacelata* cv. Narok una forrajera tentadora para su evaluación en la Cuenca del Salado.

En función de los antecedentes experimentales mencionados es posible especular que el cultivar elegido para desarrollar el presente estudio puede lograr un incremento en la productividad primaria de la zona en estudio.

Objetivo General

Evaluar la producción de biomasa durante el establecimiento y primer año de producción de *Setaria sphacelata* (Schumach.) var. anceps cv. Narok en Cuenca del Salado.

Objetivos particulares

- i. Comparar la producción de materia seca durante el año de establecimiento y el primer año de producción de *S. sphacelata* cv Narok respecto con la producción de materia seca obtenida en el pastizal natural.
- ii. Determinar si la aplicación de 75 kg Ha⁻¹ de Nitrógeno en el cultivo incrementa la diferenciación de macollos.
- iii. Determinar si la aplicación de 75 kg Ha⁻¹ de Nitrógeno en el cultivo incrementa la producción de biomasa.

Hipótesis de trabajo

- La producción de biomasa forrajera obtenida por especies perennes megatérmicas como *S. sphacelata* (cv. Narok) es mayor que la producción de biomasa obtenida a partir del pastizal natural.
- Un incremento en la disponibilidad de N₂ por parte del cultivo incrementa la producción de macollos.
- Un incremento en la disponibilidad de N₂ por parte del cultivo incrementa la producción de biomasa.

Materiales y métodos

Material vegetal

Fue utilizada semilla de *Setaria sphacelata* cv. Narok cedidas por Oscar Peman & Asociados (Jesus Maria, Córdoba).

Sitio experimental

El estudio se llevó a cabo en el establecimiento “La Espadaña” ubicado en Verónica, partido de Punta Indio, provincia de Buenos Aires (Lat.35° 27’S, 57° 22’O). Verónica forma parte de la zona agroclimática denominada Cuenca del Salado. El suelo es clasificado como IV_{ws} según la Clasificación de las Tierras por su Capacidad de Uso. Estos suelos son aptos para pasturas y con graves limitaciones para la explotación agrícola por la frecuencia de encharcamientos y sodicidad en superficie. Es de textura franco-limoso a franco arcillo-limoso con un pH levemente ácido (6,4) (Ver Anexo).

Las especies integrantes del pastizal natural observadas en el área experimental fueron: I) dicotiledóneas no aprovechables, como diversos cardos, duraznillo blanco (*Solanum glaucophyllum*), II) especies de bajo a nulo aprovechamiento animal como “pasto puna” (*Stipa brachychaeta godron*) y “paja vizcachera” (*Stipa ambigua spegazzini*), “escobadura” (*Sida rhombifolia*), “pelo de chancho” (*Distichlis sp.*), y III) especies de buen valor forrajero como gramón (*Cynodon dactylon*), rye-grass (*Lolium multiflorum*) y agropiro (*Thynopiron ponticum*) naturalizados en las mejores zonas del sitio. De estas últimas, la especie con mayor presencia fue *Cynodon*, conocida por su carácter de invasiva respecto a las gramíneas de mayor calidad.

Condiciones del sitio experimental

Se preparó la cama de siembra mediante una pasada de rastra doble acción y varias pasadas de rotocultivador, sin embargo al momento de pasar la rastra la excesiva humedad presente en el suelo no permitió una buena acción de la máquina y una correcta refinación. Esta preparación se realizó inmediatamente previa a la siembra, por lo que no fue un barbecho anticipado. A pesar de la pobre preparación de la cama de siembra se observó una emergencia relativamente pareja, y un stand de plantas adecuado.

Para la realización del trabajo experimental se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado con tres repeticiones por tratamiento. Se sembraron dentro de un lote tres parcelas con un largo de 7 m y un ancho de 2,7 m. Los surcos se distanciaron por 0,3 m, lo que equivale a nueve surcos por parcela con una superficie aproximada de 19 m². Fueron dejadas como testigo tres parcelas de campo natural. La siembra se realizó a mano el 4 de diciembre de 2009 utilizando suficiente semilla como para lograr una planta cada 2 cm dentro de cada surco. Utilizando un distanciamiento entre surcos de 30 cm, equivaldría a una densidad de 4 kg Ha⁻¹ de semilla aproximadamente (167 plantas / m²), coincidente con la recomendación del semillero Oscar Peman & Asociados (entre 3 y 5 kg / ha).

$$\text{Kg / ha} = \frac{\text{pl / m}^2 \times \text{Pmil} \times 10000 \text{ m}^2}{\% \text{ P} \times \% \text{ PG} \times \% \text{ Logro}}$$

$$\text{Kg / ha} = \frac{167 \text{ pl / m}^2 \times 1 \text{ g} \times 10000 \text{ m}^2}{90 \% 70 \% 70\%}$$

$$\text{Kg / ha} = \mathbf{3,8 \text{ kg / Ha}}$$

El 18 de diciembre de 2009 (post-siembra y preemergencia del cultivo) se realizó una pulverizada con mochila, utilizando glifosato al 2% del volumen.

El control de malezas se efectuó por medios mecánicos cada vez que fue necesario.

Las mediciones de producción de materia seca fueron realizadas sobre un metro lineal elegido al azar dentro de cada parcela, los que fueron señalizados para efectuar los sucesivos cortes que se realizaban cuando el canopeo alcanzaba una altura de 60 centímetros. En el mismo metro lineal donde se efectuaba el corte para la medición de productividad se ejecutó un recuento de macollos para observar su dinámica de producción, y los metros lineales donde se obtuvieron estas mediciones fueron señalizados mediante estacas para realizar los sucesivos recuentos. Se dejó alrededor de 20 cm. de altura foliar remanente luego de cada corte a fin de evitar un stress y un retraso en el rebrote del cultivar. El material cortado fue llevado a estufa a 60°C hasta peso constante para medir la productividad por metro lineal. El material seco se pesó en balanza de precisión y luego se estimó por hectárea en producción.

Las parcelas se dividieron en dos mitades y la aplicación de fertilizante nitrogenado (urea) se hizo en forma aleatoria dentro de una de las zonas de cada parcela. Se utilizó una dosis equivalente a los 75 kg de Nitrógeno por hectárea (alrededor de 160 kg de urea granulada).

Con el criterio de corte explicado, lograron realizarse tres cortes en el año de implantación, en el período comprendido entre diciembre de 2009 y mayo de 2010. Luego se dejaron las parcelas en reposo invernal, realizando al año siguiente tres cortes, en el período comprendido entre noviembre de 2010 y marzo de 2011.

Análisis de datos

Con los datos obtenidos de los pesos de materia seca de parcelas fertilizadas y no fertilizadas y medido el número de macollos de cada metro lineal medido se procedió a realizar un análisis de la varianza para la interpretación de resultados y el Test de comparación de medias (HSD Tukey 5%).

Resultados y Discusión

Año de implantación

Evolución de Temperaturas y Precipitaciones

Los valores registrados de precipitaciones en el período siembra-reposo invernal (12/09 hasta 05/10) fueron de 828 mm. En febrero de 2010 las registradas por el Servicio Meteorológico Nacional de la estación de Punta Indio, cercana al establecimiento “La Espadaña” fueron 356,4 mm, valor extremo entre los registros históricos de la estación, acompañada con una temperatura media de 23,1 °C. Las temperaturas medias para el período comprendido entre septiembre y mayo fueron 12,5 °C, 15,7 °C, 19,7 °C, 21 °C, 24,6 °C, 23,1 °C, 21 °C, 16,3 °C, 14,7°C.

Producción anual de macollos

No se observaron diferencias significativas en las parcelas de *Setaria* fertilizadas y las no fertilizadas ($P > 0,05$) (Figura 1). Aún así se advirtieron

diferencias en la coloración de las hojas en aquellas parcelas a las cuales se había aplicado nitrógeno presentando hojas de tonalidades más intensas, lo que podría implicar una superior calidad en cuanto a los niveles proteicos.

Evolución de macollos en el año de implantación

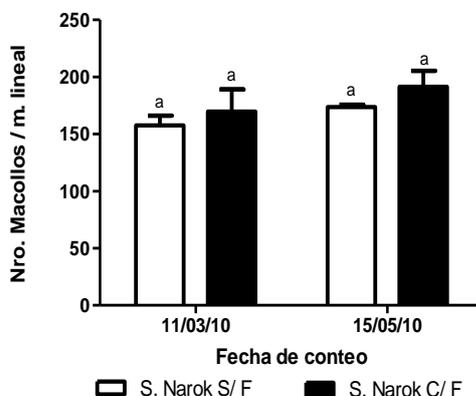


Figura 1: Evolución de la producción de macollos (número de macollos m.lineal⁻¹) de los distintos tratamientos comparando la productividad de *Setaria Narok* fertilizada y sin fertilizar en dos fechas de conteo en el año de implantación del cultivar. Las barras verticales representan el EEM. Letras distintas representan diferencias significativas de acuerdo al Test de Tukey ($p \leq 0,05$).

Se observa que no hubo diferencias significativas en la producción de macollos en las distintas fechas de conteo, es decir un efecto tiempo sobre la aparición de macollos dentro de los tratamientos ($P > 0,05$) (Figura 1). El número de macollos en el año de implantación se asemeja al reportado por Bendersky (2005). Por otro lado Bendersky tampoco encontró diferencias significativas entre la aplicación de 75 kg N ha^{-1} y 150 kg N ha^{-1} en la producción de macollos.

El número de macollos vivos se mantuvo sin diferencias significativas a lo largo del ciclo ontogénico, igualmente se observaron producciones estables en los distintos cortes realizados al cultivo debido a la presencia de buenas temperaturas y condiciones hídricas.

Producción de biomasa en el año de implantación

Tanto las parcelas fertilizadas como las no fertilizadas incrementaron significativamente la acumulación de biomasa en comparación con la producción del pastizal natural ($P < 0,05$) (Figura 2). Los rendimientos fueron (Kg MS Ha^{-1}): $737,33 \pm 13,68$; $6555,78 \pm 1076$ y 7788 ± 1865 para campo natural, *Setaria* sin y con nitrógeno respectivamente. No se observaron diferencias significativas entre las parcelas de *Setaria* fertilizadas y no fertilizadas ($P > 0,05$), como se observa en la figura 2. Esto puede deberse a que no fue limitante el contenido de nitrógeno del suelo y si pudo haberlo sido el contenido de fosfatos. Debido a los buenos niveles de precipitaciones se pudieron obtener tres cortes con muy buenos rendimientos de acuerdo al criterio de defoliación explicado.

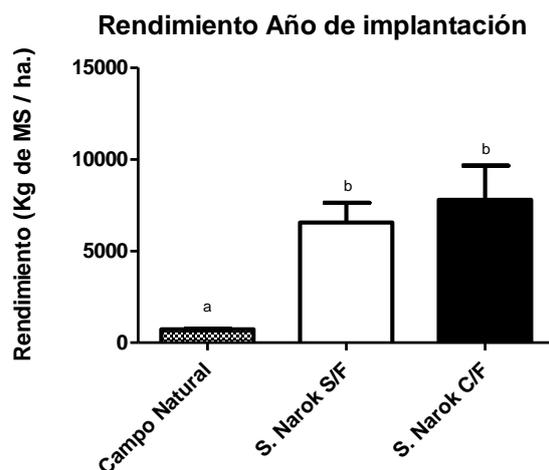


Figura 2: Producción de biomasa (Kg de MS Ha⁻¹) de los distintos tratamientos comparando la productividad del campo natural con Setaria Narok fertilizada y sin fertilizar en el primer año de implantación del cultivar. Las barras verticales representan el EEM. Letras distintas representan diferencias significativas de acuerdo al Test de Tukey ($p \leq 0,05$).

Como fuera expresado, ambos tratamientos alcanzaron producciones con una media próxima a los 7000 kg de MS Ha⁻¹. Estos datos son semejantes a los reportados por Vidal (2007) en un experimento situado en Reconquista (Santa Fé). Vidal observó en una pastura de Setaria en su año de implantación y fertilizada con 150 kg de N Ha⁻¹ una producción de 7310 kg de MS Ha⁻¹. A su vez, comprobó que existen diferencias significativas cuando se la fertiliza únicamente con nitrógeno, o con fósforo, y comprobando a su vez diferencias significativas por interacciones cuando se fertilizaba con ambos elementos, mostrando producciones cercanas a las 10 Tn de MS Ha⁻¹, lo que demuestra el potencial del cultivar en condiciones benévolas. Los resultados fueron también similares a los reportados por el INTA Mercedes (Corrientes) por Borrajo en 2006, encontrando producciones entre 6.000 y 10000 kg MS Ha⁻¹.

Primer Año de producción

Evolución de Temperaturas y Precipitaciones

Las precipitaciones acumuladas en el segundo ciclo productivo, calculado a partir de datos aportados por el Servicio Meteorológico Nacional, estación de Punta Indio, arrojaron un total de 483 mm. Estas precipitaciones son considerablemente menores a las del año de implantación. En especial durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, en coincidencia con el fenómeno meteorológico “La Niña”, donde fueron escasas, sobre todo en diciembre, con un registro de sólo 6 mm. No obstante, las lluvias registradas durante enero (155 mm aproximadamente) marcaron la finalización de este período seco contribuyendo también una elevada temperatura media (25,3 °C) lo que compensó de alguna forma los déficits hídricos anteriores. Las temperaturas medias comprendidas

entre agosto y marzo fueron 10,6 °C, 13,5 °C, 15,4 °C, 17,8 °C, 23,6 °C, 25,3 °C, 22,7 °C, 21,3 °C.

Producción anual de macollos

En el primer año de producción se efectuaron conteos de macollos en tres fechas. En este período de análisis se evidenció una diferencia significativa en la producción de macollos entre parcelas fertilizadas y no fertilizadas ($P < 0,05$). Esta diferencia se mantuvo en las distintas fechas de conteo de macollos (Figura 3).

Evolución de macollos en el primer año de producción

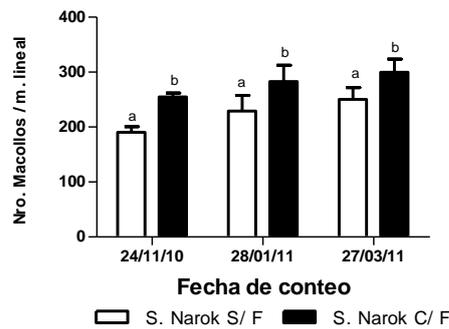


Figura 3: Evolución de la producción de macollos (número de macollos $m. lineal^{-1}$) de los distintos tratamientos comparando la productividad de *Setaria Narok* fertilizada y sin fertilizar en tres fechas de conteos en el primer año de producción del cultivar. Las barras verticales representan el EEM. Letras distintas representan diferencias significativas de acuerdo al Test de Tukey ($P \leq 0,05$).

Producción de biomasa

Los tres tratamientos analizados arrojaron diferencias significativas entre ellos ($P < 0,05$) (Figura 4). La mayor producción se registró en el tratamiento de *Setaria* fertilizado. Con el criterio de corte empleado, lograron efectuarse nuevamente tres cortes. En el campo natural se observó un incremento en la producción respecto al primer año de análisis.

Rendimiento en el Primer año de Producción

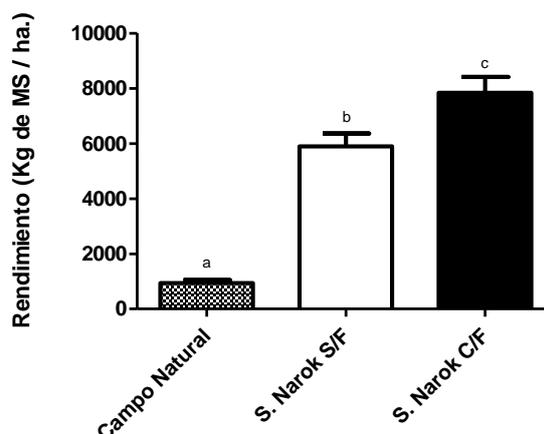


Figura 4: Producción de biomasa (Kg de MS Ha.⁻¹) de los distintos tratamientos comparando la productividad del campo natural con Setaria Narok fertilizada y sin fertilizar en el primer año de producción del cultivar. Las barras verticales representan el EEM. Letras distintas representan diferencias significativas de acuerdo al Test de Tukey ($P \leq 0,05$).

A pesar del déficit hídrico sufrido a comienzos de la estación de crecimiento, en el segundo año se obtuvieron buenas producciones. No obstante, estas producciones fueron algo inferiores a las reportadas por la EEA "Dr. Augusto G. Schulz" Colonia Benítez a cargo del INTA (Roig, 2009). Esto podría ser explicado por las bajas temperaturas que encontramos en la cuenca, a diferencia de las temperaturas registradas en el Norte argentino.

La producción de las parcelas no fertilizadas fue algo inferior a la del año anterior. Esto puede ser la respuesta al déficit hídrico sufrido en primavera y recién iniciado el verano. La producción de las parcelas fertilizadas fue levemente superior a la del año anterior, sin ser esta diferencia significativa.

Conclusiones

- La producción obtenida de *Setaria* en ambas campañas superó a la del campo natural ampliamente, Esta superioridad por parte del cultivar puede resultar en aumentos de la producción de carne.
- La producción de macollos fue estable en el primer periodo productivo, sin demostrar diferencias significativas entre parcelas fertilizadas y no fertilizadas. Sí se observaron diferencias en la producción de macollos en el segundo año, así como también resultaron significativas las diferencias de rendimiento entre las parcelas fertilizadas y las no fertilizadas, lo que probaría la correlación existente entre macollos vivos y la productividad del forraje
- Se observó además en *Setaria* Narok la producción de una gran cantidad de macollos reproductivos, lo que favorece la persistencia de la especie y demuestra adaptación a la zona de estudio.
- En ambos períodos productivos se han observado diferencias significativas entre la producción de las parcelas sembradas versus la producción del campo natural. Aunque algunos autores aseguran que la calidad del cultivar Narok es incluso apta para realizar invernadas largas, aún no se encuentran publicados estudios de análisis productivos y económicos en la zona del Salado. Sí se puede apreciar que la producción de biomasa aprovechable de *Setaria* en la zona de estudio es entre cinco y ocho veces superior a la del campo natural dependiendo del ciclo productivo y del nivel de fertilización.
- La falta de lluvias oportunas, y la consecuente falla de asimilación de la urea granulada por parte del suelo en el año de implantación puede ser la razón por la cual no se encontraron diferencias significativas entre el rendimiento de los distintos tratamientos de fertilización. Sí se observaron diferencias significativas entre estas en el segundo año, en el cual fue limitante el agua sin verse demasiado afectada la productividad del cultivar. Esto demuestra la gran capacidad y el potencial de esta especie ante el estrés hídrico. Aún así se recomienda realizar futuros ensayos en zonas donde la limitante sea el régimen pluviométrico.
- Se cree conveniente realizar nuevos ensayos sobre la especie para evaluar su tolerancia a la salinidad, uno de los mayores problemas en la adaptabilidad de pasturas en la Cuenca del Salado.
- Aunque esta especie es nueva en la zona ha demostrado ser una excelente forrajera en los distintos ensayos realizados, aún así futuras investigaciones de adaptabilidad y productividad tanto en cría como invernada harán efectiva su utilización.

Anexos

Análisis estadístico

Dinámica de producción de macollos

Para la variable en estudio Evolución de la producción de macollos se utilizó un Diseño de Medidas Repetidas (DMR) para observar si hubo diferencias significativas en los tratamientos con y sin fertilizante”, pero más importante si hubo interacción entre los tratamientos en función del tiempo.

Año 1

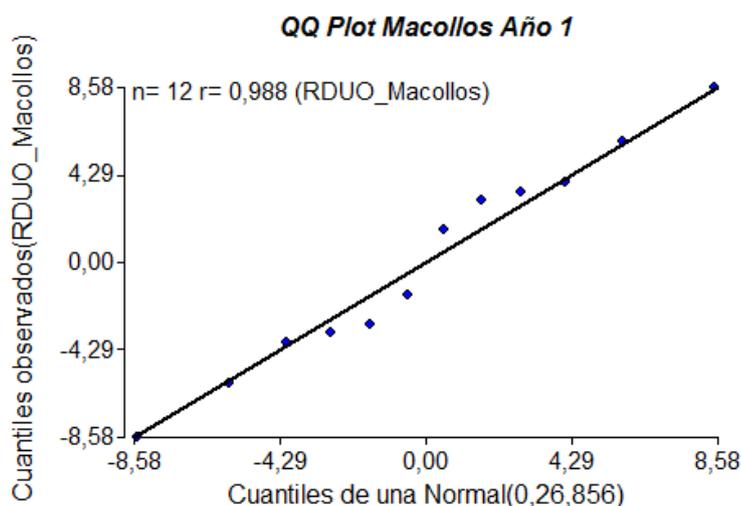
En el primer año del ensayo se realizaron 2 fechas de conteos (11/03/2010 y 15/05/2010). Los resultados fueron los siguientes:

Tratamiento	Fechas de conteo de macollos	
	11/03/2010	15/05/2010
S/ fertilizante	148	173
S/ fertilizante	164	176
S/ fertilizante	161	172
C/ fertilizante	144	166
C/ fertilizante	157	193
C/ fertilizante	208	215

* numero de macollos / metro lineal de surco

Se verificó el cumplimiento de los supuestos:

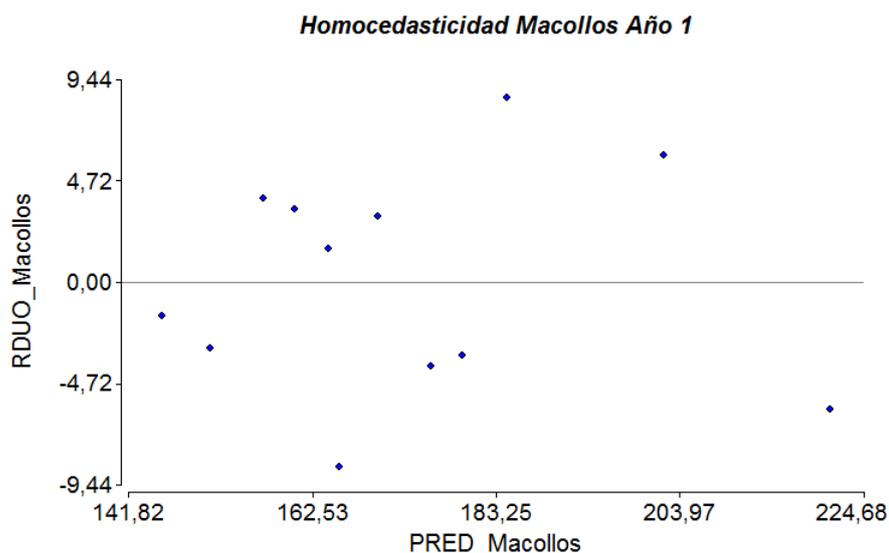
- Las muestras son aleatorias y las observaciones son independientes entre sí.
- El supuesto de normalidad se verificó mediante QQ Plot gráficamente y de manera analítica por la prueba de Shapiro-Wilks:



Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Macollos	12	0,00	5,18	0,95	0,7589

- El supuesto de Homocedasticidad se verificó gráficamente mediante un gráfico de dispersión de residuos versus predichos, y analíticamente por el estadístico de Levenne:



Gráficamente no se observa heterocedasticidad, igualmente se analizó analíticamente mediante la prueba de Levenne:

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Macollos	12	0,17	0,09	50,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10,70	1	10,70	2,11	0,1766
Tratamiento	10,70	1	10,70	2,11	0,1766
Error	50,63	10	5,06		
Total	61,33	11			

La prueba cumplió con el supuesto de homocedasticidad (p-valor = 0,1766).

Cumplidos los supuestos se procedió a desarrollar el análisis de la varianza:

Las hipótesis a probar en el ANOVA son:

- No existe interacción entre los factores Fecha-Tratamiento
- No existe efecto del tratamiento de fertilización sobre el N° de macollos

- No existe efecto tiempo sobre el N° de macollos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Macollos	12	0,95	0,86	4,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	5123,58	7	731,94	10,79	0,0183	
Tratamiento	660,08	1	660,08	0,78	0,4264	(Tratamiento>Parcela)
Fecha	1064,08	1	1064,08	15,69	0,0167	
Tratamiento>Parcela	3375,33	4	843,83	12,44	0,0158	
Tratamiento*Fecha	24,08	1	24,08	0,36	0,5834	
Error	271,33	4	67,83			
Total	5394,92	11				

El p-valor de la interacción Tratamiento*Fecha fue mayor a 0,05, por lo que no se rechaza la H0 de existencia de interacción. En el año de implantación no se observa un efecto de la fertilización sobre la producción de macollos a lo largo del tiempo.

Como la interacción resulta no significativa, se pueden estudiar los efectos principales.

Efecto del tiempo en la producción de macollos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Macollos	12	0,20	0,12	12,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1064,08	1	1064,08	2,46	0,1481
Fecha	1064,08	1	1064,08	2,46	0,1481
Error	4330,83	10	433,08		
Total	5394,92	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=26,77063

Error: 433,0833 gl: 10

Fecha	Medias	n	E.E.
1	163,67	6	8,50 A
2	182,50	6	8,50 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

En el año de implantación no se observa efecto del tiempo sobre la producción de macollos (p-valor = 0,1481).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Macollos	12	0,12	0,03	12,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	660,08	1	660,08	1,39	0,2650
Tratamiento	660,08	1	660,08	1,39	0,2650
Error	4734,83	10	473,48		
Total	5394,92	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=27,99143

Error: 473,4833 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.
S/ fertilizante	165,67	6	8,88 A
C/ fertilizante	180,50	6	8,88 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Tampoco se observa un efecto del tratamiento (p -valor = 0,2650), es decir la fertilización nitrogenada no produjo una diferencia significativa en cuanto a la producción de macollos.

Año 2

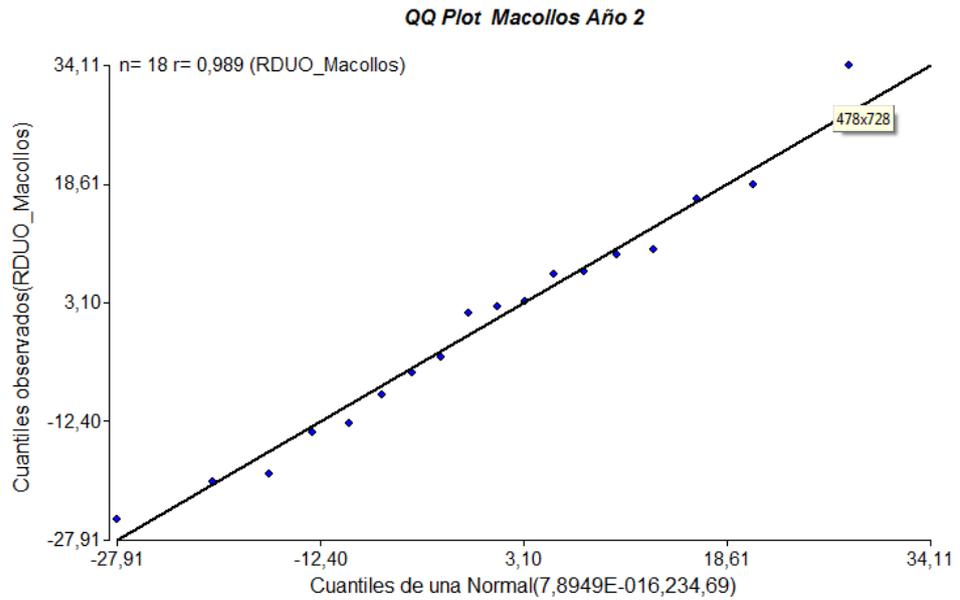
En el primer año de producción (segundo año de ensayo), se realizaron 3 fechas de conteos (24/11/2010, 28/01/2011 y 27/03/2011). Los resultados fueron los siguientes:

Tratamiento	Fechas de conteo de macollos		
	24/11/2010	28/01/2011	27/03/2011
S/ fertilizante	211	286	293
S/ fertilizante	181	198	235
S/ fertilizante	179	204	223
C/ fertilizante	240	279	301
C/ fertilizante	264	336	341
C/ fertilizante	260	234	257

* numero de macollos / metro lineal de surco

Se verificó el cumplimiento de los supuestos:

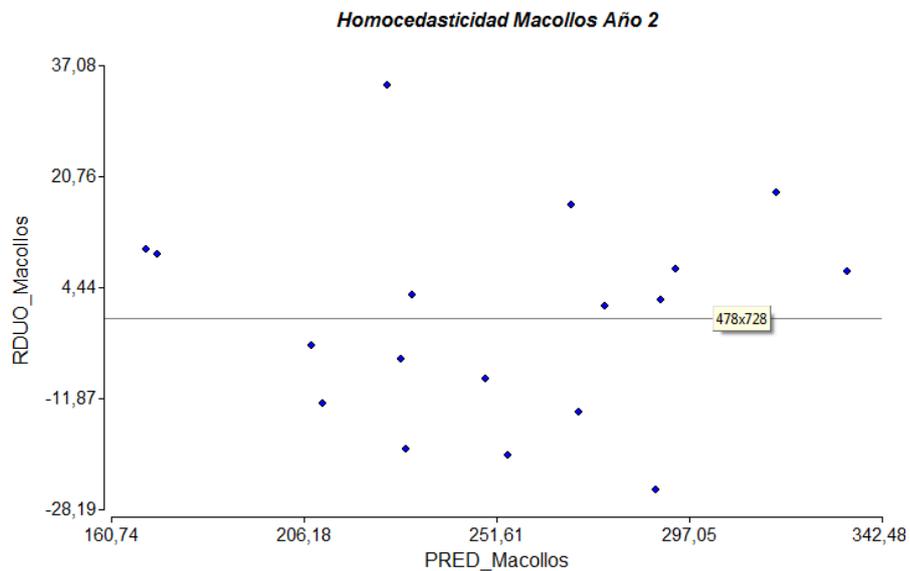
- Las muestras son aleatorias y las observaciones son independientes entre sí.
- El supuesto de normalidad se verificó mediante QQ Plot gráficamente y de manera analítica por la prueba de Shapiro-Wilks:



Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Macollos	18	0,00	15,32	0,97	0,8742

- El supuesto de Homocedasticidad se verificó gráficamente mediante un gráfico de dispersión de residuos versus predichos, y analíticamente por el estadístico de Levenne:



Gráficamente no se observa heterocedasticidad, igualmente se analizó analíticamente mediante la prueba de Levenne:

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Macollos	18	0,12	0,06	68,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	152,80	1	152,80	2,15	0,1620
Tratamiento	152,80	1	152,80	2,15	0,1620
Error	1137,21	16	71,08		
Total	1290,01	17			

La prueba cumplió con el supuesto de homocedasticidad (p-valor = 0,1620).

Cumplidos los supuestos se procedió a desarrollar el análisis de la varianza:

Las hipótesis a probar en el ANOVA son:

- No existe interacción entre los factores Fecha-Tratamiento
- No existe efecto del tratamiento de fertilización sobre el N° de macollos
- No existe efecto tiempo sobre el N° de macollos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Macollos	18	0,90	0,79	8,89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	36045,33	9	4005,04	8,03	0,0037	
Tratamiento	14000,22	1	14000,22	4,19	0,1102	(Tratamiento>Parcela)
Fecha	8488,78	2	4244,39	8,51	0,0105	
Tratamiento>Parcela	13377,56	4	3344,39	6,71	0,0114	
Tratamiento*Fecha	178,78	2	89,39	0,18	0,8392	
Error	3989,78	8	498,72			
Total	40035,11	17				

El p-valor de la interacción Tratamiento*Fecha fue mayor a 0,05 (p-valor=0,8392), por lo que no se rechaza la H₀ de existencia de interacción. En el primer año de producción tampoco se observa un efecto de la fertilización sobre la producción de macollos a lo largo del tiempo.

Como la interacción resulta no significativa, se pueden estudiar los efectos principales.

Efecto del tiempo en la producción de macollos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Macollos	18	0,21	0,11	18,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8488,78	2	4244,39	2,02	0,1674
Fecha	8488,78	2	4244,39	2,02	0,1674
Error	31546,33	15	2103,09		
Total	40035,11	17			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=68,78478

Error: 2103,0889 gl: 15

Fecha	Medias	n	E.E.
1	222,50	6	18,72 A
2	256,17	6	18,72 A
3	275,00	6	18,72 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

No existe efecto tiempo, la producción de macollos no es afectada en las distintas fechas (p -valor = 0,1674)

Efecto de la Fertilización sobre la producción de macollos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Macollos	18	0,35	0,31	16,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14000,22	1	14000,22	8,60	0,0097
Tratamiento	14000,22	1	14000,22	8,60	0,0097
Error	26034,89	16	1627,18		
Total	40035,11	17			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=40,31143

Error: 1627,1806 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.
S/ fertilizante	223,33	9	13,45 A
C/ fertilizante	279,11	9	13,45 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

En el segundo año de ensayo sí se observó una diferencia significativa entre la producción de macollos de parcelas fertilizadas y no fertilizadas (p -valor = 0,0097).

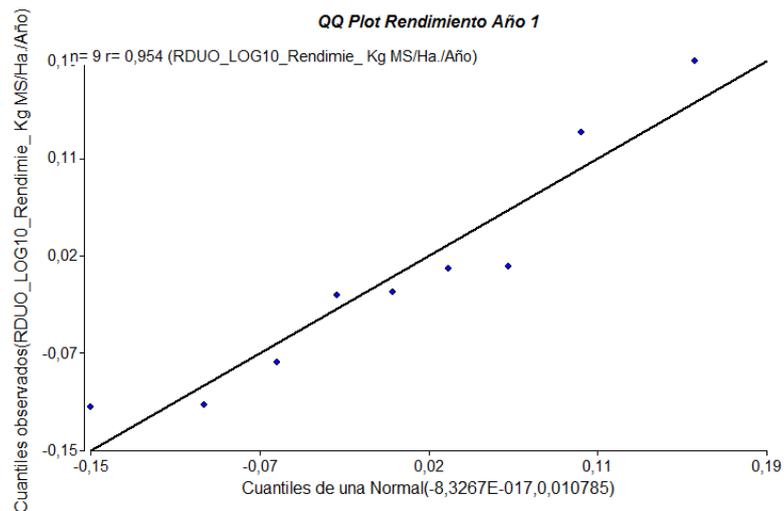
Producción de biomasa

Como se explicó anteriormente se realizó un diseño completamente aleatorizado.

Producción de Biomasa
Año de implantación

Se verificó que se cumplan los supuestos del modelo para que las conclusiones sean válidas:

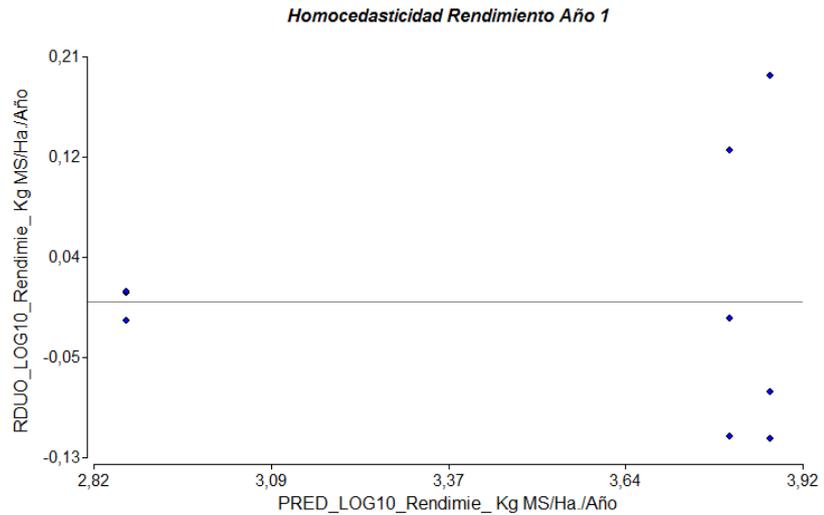
- Las muestras son aleatorias y las observaciones son independientes entre sí.
- El supuesto de normalidad se verificó mediante QQ Plot gráficamente y de manera analítica por la prueba de Shapiro Wilks:



Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO LOG10 Rendimie Kg MS..	9	0,00	0,10	0,89	0,2857

- Para el análisis de la varianza del rendimiento del año de implantación se debieron transformar los datos mediante la función logarítmica por la falta de homocedasticidad. Se debió aplicar la función Log10 para así cambiar la escala de medición y se verificó el cumplimiento del supuesto. Gráficamente se analizó la homocedasticidad mediante un análisis de dispersión de residuos vs predichos:



Gráficamente se observa la presencia de dispersión por lo que se analizó analíticamente mediante la prueba de Levene:

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS LOG10 Rendimie Kg MS/..	9	0,59	0,45	66,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	2	0,01	4,30	0,0693
Tratamiento	0,02	2	0,01	4,30	0,0693
Error	0,01	6	2,5E-03		
Total	0,04	8			

La prueba cumplió con el supuesto de homocedasticidad (p-valor = 0,0693).

El análisis de la varianza de los datos de producción de biomasa del año de implantación utilizando los datos transformados arrojó los siguientes resultados:

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LOG10 Rendimiento Kg MS/Ha..	9	0,96	0,94	3,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,89	2	0,94	65,56	0,0001
Tratamiento	1,89	2	0,94	65,56	0,0001
Error	0,09	6	0,01		
Total	1,97	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,30040

Error: 0,0144 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
CN	2,87	3	0,07 A
S. Narok S/F	3,81	3	0,07 B
S. Narok C/F	3,87	3	0,07 B

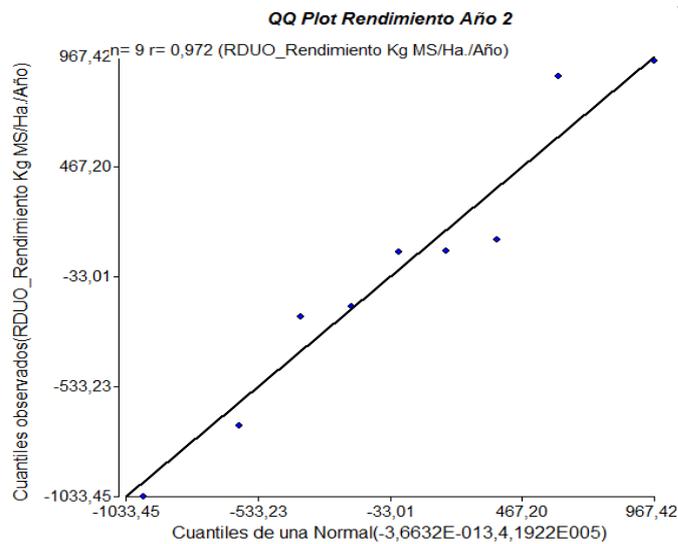
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p <= 0,05)

Como se desarrolló en la sección de resultados y discusión se produjeron diferencias significativas entre la producción de biomasa del campo natural y la producción de las parcelas implantadas con *Setaria N.*, sin hallarse diferencias significativas entre las parcelas fertilizadas y las no fertilizadas.

Primer año de producción

Se verificó que se cumplan los supuestos del modelo para que las conclusiones sean válidas:

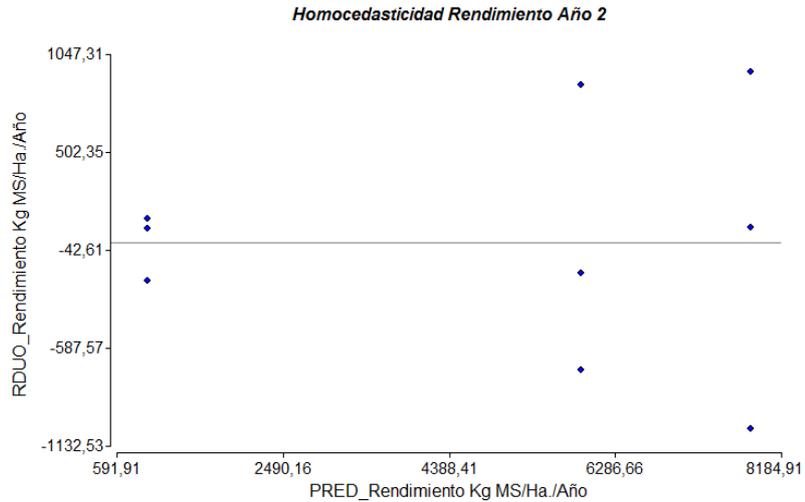
- Las muestras son aleatorias y las observaciones son independientes entre sí.
- El supuesto de normalidad se verificó mediante QQ Plot gráficamente y de manera analítica por la prueba de Shapiro Wilks:



Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Rendimiento Kg MS/Ha...	9	0,00	647,47	0,93	0,5836

- Gráficamente se analizó la homocedasticidad mediante un análisis de dispersión de residuos vs predichos:



También se realizó analíticamente la prueba de Levene de homocedasticidad:

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Rendimiento Kg MS/Ha...	9	0,38	0,17	78,88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	504840,07	2	252420,04	1,81	0,2421
Tratamiento	504840,07	2	252420,04	1,81	0,2421
Error	835307,89	6	139217,98		
Total	1340147,96	8			

La prueba cumplió con el supuesto de homocedasticidad (p-valor = 0,2421)

El análisis de la varianza de los datos de producción de biomasa del primer año de producción arrojó los siguientes resultados:

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento Kg MS/Ha./Año	9	0,96	0,94	15,28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	76038561,50	2	38019280,75	68,02	0,0001
Tratamiento	76038561,50	2	38019280,75	68,02	0,0001
Error	3353727,88	6	558954,65		
Total	79392289,38	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1872,91172

Error: 558954,6469 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.
CN	937,05	3	431,65 A
S. Narok S/F	5899,56	3	431,65 B
S. Narok C/F	7839,78	3	431,65 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

En el segundo año como se explicó anteriormente se observaron diferencias significativas entre todos los tratamientos, observándose en este año una respuesta a la fertilización con un aumento significativo en la producción de biomasa.

Condiciones edáficas y descripción del perfil

Fisiografía: TENDIDOS ALTOS

Relieve: normal á normal subnormal

Pendiente: menor á 1 %

Escurrimiento lento

Permeabilidad lenta

- Vegetación: alta cobertura de gramíneas naturales

0-18 cm.:

Gris muy oscuro en húmedo. Franco-limoso. Bloques subangulares, medios, moderados, que rompen en granular. No plástico. No adhesivo. Moteados escasos a partir de los 15 cm.; pH =6.4 ; raíces muy abundantes; límite claro y suave.

18-26 cm.:

Gris muy oscuro en húmedo; franco arcillo-limoso. Bloques regulares angulares, medios moderados; ligeramente plástico y adhesivo. Moderadas concreciones ferromangánicas. pH = 6,4; raíces comunes; límite abrupto suave.

26-45 cm.:

Gris muy oscuro en húmedo; arcillo-limoso; Prismas que rompen en bloques angulares regulares, gruesos, fuertes. Muy plástico; muy adhesivo. Extremadamente duro en seco. Barnices arcillo- húmicos escasos (2.5 Y 3/2) en húmedo. Slickensides. PH= 6,6; raíces comunes.

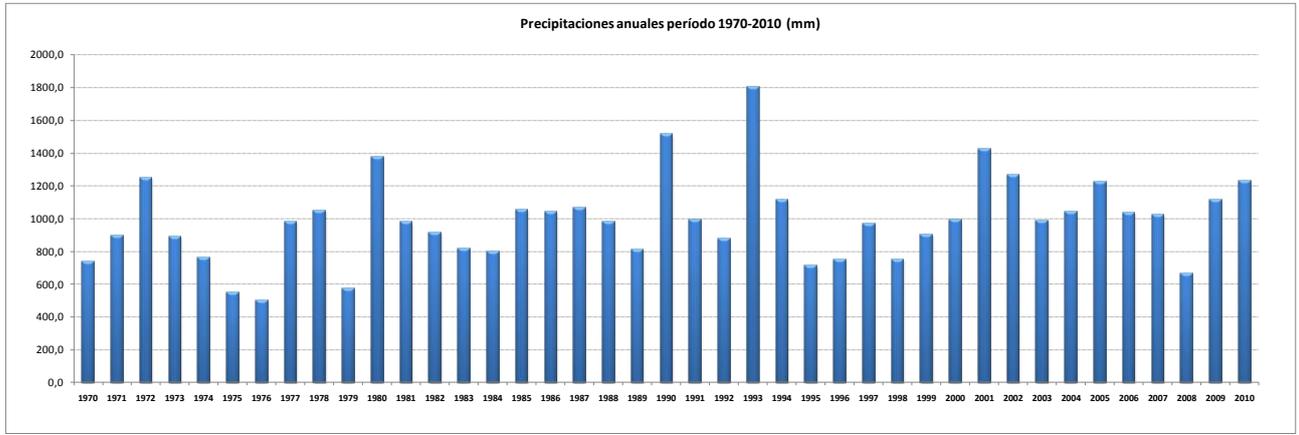
45-58 cm.:

En húmedo arcilloso; bloques angulares irregulares, gruesos y fuertes. Muy plástico, muy adhesivo, extremadamente duro en seco. Slickensides, pH= 7.6, raíces escasas.

58-80 cm.:

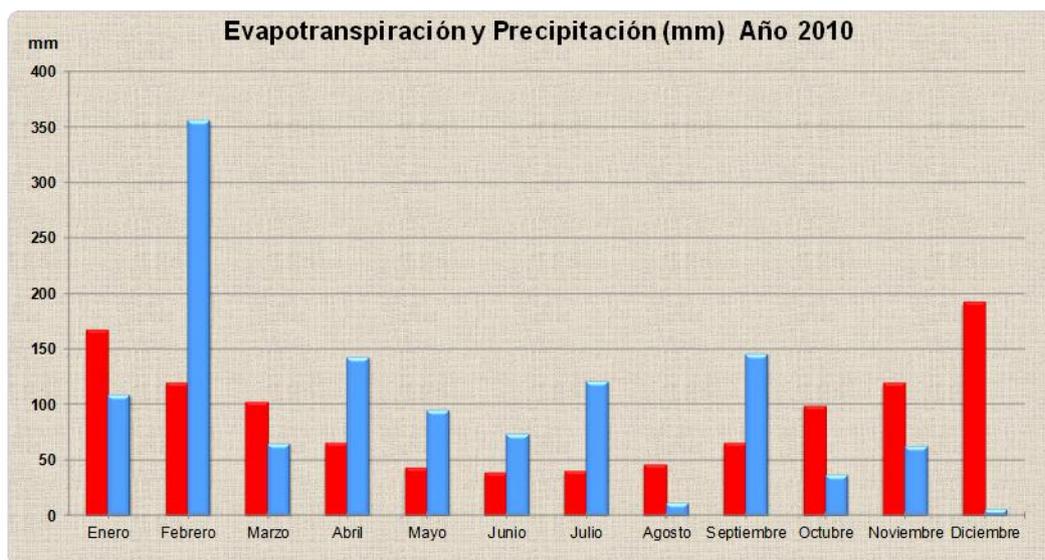
En húmedo arcillo-limoso; bloques débiles á masivo; muy plástico; muy adhesivo; pH= 7.7. A partir de los 80 cm. Se encuentra la napa y presenta concreciones calcáreas abundantes.

Condiciones Macroclimáticas
Precipitaciones Históricas



Año 2010

	T° Media	H° Relativa	Viento	Heliofanía	ET	ET mensual	PP
	°C	%	Km / h	HS	mm / día	mm	mm
Ene	24.6	75.7	16.6	9.7	5.4	167	109
Feb	23.1	81.1	18.2	6.8	4.0	112	356
Mar	21.0	81.6	15.4	7.6	3.3	102	65
Abr	16.3	80.7	12.0	7.1	2.2	66	143
May	14.7	84.7	13.2	5.0	1.4	43	95
Jun	11.3	80.8	15.0	6.6	1.3	39	74
Jul	10.7	81.8	16.2	4.9	1.3	40	121
Ago	10.6	81.7	13.7	6.1	1.5	47	12
Set	13.5	82.7	19.1	6.1	2.2	66	146
Oct	15.4	77.9	16.1	8.0	3.2	99	37
Nov	17.8	77.8	14.3	9.2	4.0	120	63
Dic	23.6	66.3	18.3	10.6	6.2	192	6



Año 2011

	T° Media	H° Relativa	Viento	Heliofanía	ET	ET mensual	PP
	°C	%	Km / h	HS	mm / día	mm	mm
Ene	25,3	71	20,2	10	5,9	182,9	155,2
Feb	22,7	76	18,1	9	4,6	128,8	49,2
Mar	21,3	76	16	8,9	3,8	117,8	25,1

Bibliografía

- Herzer, H.; Celis, A.; Bartolomé, M.; Rodríguez C. y Caputo G. (2003). El manejo de Cuenca y su impacto en áreas urbanas: el caso de la llanura pampeana. Argentina. III Congreso Latinoamericano de manejo de cuencas hidrográficas. Arequipa, Perú.
- Cieza, R.I. (2006). Rescatando el potencial agroecológico en la Cuenca del Salado: Theomai. Disponible en Internet: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=12401308>.
- Herzer, H.; Caputo G.; Celis A. (2004). Gestión de riesgos de desastre ENSO en América Latina. Propuesta de Consolidación de un Red Regional de Investigación Comparativa, Información y Capacitación desde una Perspectiva Social.
- Lalanne, G.; Corte, M. V.; Carballo S. (2002) Determinación de la aptitud productiva del establecimiento “La Espadaña” mediante el uso de imágenes satelitales. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, (20): 41-56.
- Vázquez, P.; Rojas, M.; Burges, J.C. (2008). Caracterización y tendencias de la ganadería bovina en la Cuenca del Salado. EEA Cuenca del Salado, INTA; EEA Balcarce, INTA; Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Mar del Plata.
- Torres Duggan, M.; Melgar, R. (2007). Forrajeras subtropicales: Mirando al norte. Fertilizar - v. 6, no. 22.
- Jones, R. J. (1963) Genus *Setaria* - East African collecting expedition May 11th to August 17th, 1963. CSIRO Aust. Plant Introd. Rev. No. 1, 1963.
- Moser, L. E., Burson B. L., Sollenberger L. E. Warm Season (C4) Grasses.
- Rattray, J. M. (1960). The grass cover of Africa. Agric. Ser. 49. FAO, Rome.
- Clayton, W.D. y Renvoize S.A. (1982). *Setaria*. In Flora of Tropical East Africa. Gramineae (Part 3), A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
- Mas, C. (2007). *Setaria sphacelata*. Una gramínea a tener en cuenta. Revista INIA – N° 10.
- Davies, L. J., and Forde, B. J. (1991). Comparative responses of three subtropical grasses to combined frost and prolonged chilling treatments simulating a New Zeland winter. N. Z. J. Agric. Res. 34: 249-256.
- Partridge, I. (2010). Disponible en internet: <http://www.tropicalgrasslands.asn.au/pastures/setaria.htm>
- Borrajo, C.; Pizzio, R. (2006). Manual de producción y utilización de *Setaria*. Proyecto ganadero de Corrientes.
- Bendersky, D.; Brizuela, M. A.; Cid, M. S.; Altuve, S. M. (2006). Producción y calidad de forraje diferido de *Setaria sphacelata* cv Narok fertilizada. INTA EEA Mercedes.
- Vidal, C.M. (2000). Producción de *Setaria sphacelata* cv Narok bajo corte, fertilizada con distintas dosis de N, P y K en el noreste santafesino. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata Abril 2000.

- Martin, W. S. (1944-1945). Annual report of the Senior Soil Chemist. Annual report. Dep. Of Agric., Kampala, Uganda.
- Silva, I. de F. y Mielniczuk, C. (1997). Effect of plant root system on formation and stabilization of soil aggregates. Rev. Bras. Cienc. Solo 21: 113-117.
- Bendersky, D.; Brizuela, M. A.; Cid, M. S.; Altuve, S. M. (2005). Estructura de macollamiento de *Setaria sphacelata* cv Narok (Poacea) diferida. INTA EEA Mercedes.
- Borrajo, C. I.; Maidana, C.; Ramírez, M.; Ramírez, R. (2009). Implantación de especies mesotérmicas y megatérmicas. AEF2491 - 2006/09.
- Vidal, C. M. (2007). Producción de *SETARIA SPHACELATA CV NAROK* bajo corte, fertilizada con distintas dosis de N, P y K en el Noreste Santafesino. Disponible en Internet: <http://www.fertilizando.com/articulos/Pasturas%20-%20Investigaciones%20Recientes.asp>.
- Roig, C. A. (2009). Disponible en Internet: <http://www.inta.gov.ar/benitez/info/documentos/pastura/art/past06.htm>