

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

**Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo**

**Modalidad: Práctica Profesional**

**EVALUACIÓN DE MATERIALES DE SORGO (*SORGHUM BICOLOR*) Y MAÍZ (*ZEA MAYS*) PARA SILAJES COMO ESTRATEGIA DE SUPLEMENTACIÓN EN GANADERÍA PARA EL SUR DE SANTA FE.**

**Alumno: SAN MARCO, Ignacio**

**DNI: 34.299.167**

**Director: Ing. Agr. MSc. PAGLIARICCI, Héctor**  
**Tutor externo: Ing. Agr. MALMANTILE, Alberto**

**Río Cuarto – Córdoba**

**Diciembre 2012**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

**Título del Trabajo Final:**

**EVALUACIÓN DE MATERIALES DE SORGO (*SORGHUM BICOLOR*) Y  
MAÍZ (*ZEA MAYS*) PARA SILAJES COMO ESTRATEGIA DE  
SUPLEMENTACIÓN EN GANADERÍA PARA EL SUR DE SANTA FE.**

Autor: San Marco, Ignacio  
DNI: 34.299.167

Director: Ing. Agr. MSc. Pagliaricci, Héctor  
Tutor externo: Ing. Agr. Malmantile, Alberto

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

Prof. Oscar Bocco \_\_\_\_\_

Prof. Telmo Pereyra \_\_\_\_\_

Prof. Héctor Pagliaricci \_\_\_\_\_

Fecha de Presentación: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Secretario Académico

## AGRADECIMIENTOS

Quiero aprovechar este espacio para agradecer a quienes hicieron posible con su aporte, que pueda culminar mi formación profesional.

En primer lugar a mi familia, quienes han apoyado con su esfuerzo y sacrificio desde siempre, siendo el sostén fundamental para todos los logros obtenidos.

También agradecer a quienes fueron mis compañeros de estudio y amigos en la facultad, como así también a mis amigos de Venado Tuerto, por todos los momentos compartidos.

Al profesor Ing. Agr. MSc. Héctor Pagliaricci, por su apoyo en este proyecto.

A los Ing. Agr. Alberto Malmantile y José Rossi del INTA U.E.E. Venado Tuerto, por dejarme participar en el ensayo y en la recolección de datos para realizar esta práctica profesional.

A la Universidad Nacional de Río Cuarto y en particular a la Facultad de Agronomía y Veterinaria por su contribución y el aporte de recursos humanos y materiales que forjaron mis conocimientos técnicos y mi desarrollo humano durante toda la carrera.

## ÍNDICE DEL TEXTO

<b>RESUMEN</b> .....	7
<b>SUMMARY</b> .....	8
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>ANTECEDENTES</b> .....	11
<b>HIPÓTESIS</b> .....	17
<b>OBJETIVOS GENERALES</b> .....	17
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	17
 <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
Caracterización del sitio experimental.....	18
Barbecho.....	19
Análisis de suelo .....	19
Siembra .....	19
Híbridos sembrados .....	20
Diseño experimental .....	20
Fertilización .....	21
Aplicación de agroquímicos .....	21
Corte y picado de los cultivos.....	22
Mediciones morfológicas.....	22
Análisis de calidad.....	22
Análisis estadístico.....	24
 <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
Condiciones climáticas.....	25
Datos productivos obtenidos en el ensayo.....	26
Análisis estadísticos de los rendimientos medios obtenidos.....	28

Composición porcentual del rendimiento total seco.....	30
Parámetros de calidad obtenidos a través del análisis en laboratorio.....	33
Energía digestible total por hectárea.....	35
<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>40</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>41</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Principales híbridos de maíz utilizados para la confección de silajes en el sur de Santa Fe.....	15
<b>Tabla 2:</b> Principales híbridos de sorgo utilizados para la confección de silajes en el sur de Santa Fe .....	15
<b>Tabla 3:</b> Características más relevantes de producción y calidad de los híbridos de maíz...	16
<b>Tabla 4:</b> Características más relevantes de producción y calidad de los híbridos de sorgo...	16
<b>Tabla 5:</b> Híbridos de maíz sembrados en el ensayo.....	20
<b>Tabla 6:</b> Híbridos de sorgo sembrados en el ensayo.....	20
<b>Tabla 7:</b> Principales resultados obtenidos: altura, rendimiento en materia verde y seca y porcentaje de materia seca.....	26
<b>Tabla 8:</b> Comparación de rendimientos medios de materia seca total de planta entera.....	28
<b>Tabla 9:</b> Composición porcentual en tallo + hojas y espiga/panoja de la materia seca total.	30
<b>Tabla 10:</b> Parámetros de calidad obtenidos en laboratorio: lignina detergente ácido (LDA), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), digestibilidad (DIG), proteína bruta (PB), energía digestible (ED).....	33
<b>Tabla 11:</b> Comparación de medias de energía digestible total de cada híbrido por hectárea	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Precipitaciones medias mensuales históricas .....	18
<b>Figura 2:</b> Precipitaciones mensuales, campaña 2011 – 2012 .....	25
<b>Figura 3:</b> Rendimiento medio de materia seca total de planta entera por hectárea .....	29
<b>Figura 4:</b> Composición porcentual en tallo + hojas y espiga/panoja de la materia seca total.....	31
<b>Figura 5:</b> Energía digestible total de cada híbrido por hectárea.....	36

## RESUMEN

En el presente trabajo fueron evaluados nueve híbridos de maíz y sorgo para la confección de silajes. Dentro de ellos, tres son de maíz y seis de sorgo. Los híbridos evaluados poseen distintas aptitudes productivas, dentro de los de maíz, los hay graníferos y sileros, y para el caso de sorgo son sileros y doble propósito (granífero-silero). Este ensayo se realizó en la zona de influencia de la localidad de Venado Tuerto, provincia de Santa Fe, y el objetivo fue validar y adaptar el uso de distintos híbridos de sorgo y maíz para silaje, en condiciones reales de producción. Para esto se determinó el comportamiento agronómico, la producción de forraje y calidad del material en el momento de corte para realizar el ensilado. El ensayo fue realizado en el Establecimiento “La Unión”, ubicado en las proximidades de la localidad de Venado Tuerto. Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente aleatorizados (DBCA) con dos repeticiones, cuyas unidades experimentales fueron macroparcels de ocho surcos, con un distanciamiento entre los mismos de 0,525 m. La siembra se realizó el día 2 de noviembre de 2011 sobre un Hapludol típico. El cultivo se desarrolló en secano, y aunque en ciertos períodos de su ciclo hubo déficit hídrico por falta de precipitaciones, creció y se desarrolló correctamente (los resultados así lo demuestran). La producción de forraje se estimó cortando manualmente las plantas en una misma fecha para todos los híbridos. Luego se tomaron muestras representativas de cada parcela, las cuales se procesaron y fueron remitidas al laboratorio para medir calidad (porcentajes de: materia seca, proteína bruta, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida, lignina y digestibilidad de materia orgánica). El corte se realizó el día 23 de marzo de 2011. En promedio la producción de materia seca fue de 24,5 Tn/ha y 22,5 Tn/ha para maíz y sorgo respectivamente. Los híbridos evaluados combinaron, en general, alta producción de materia seca por hectárea con adecuada calidad nutritiva del forraje, permitiendo lograr en todos los casos elevados valores de energía digestible por hectárea, lo que permite utilizar adecuadamente estos materiales como estrategia de suplementación en ganadería para el sur de la provincia de Santa Fe.

Palabras clave: híbridos, ensayo, silaje, producción, calidad.

## SUMMARY

In this study have been evaluated nine hybrids of corn and sorghum for silage making; of which three are of corn and six are of sorghum. The hybrids under study have different productive skills within the corn, there are graniferous and sileros, and in the case of sorghum are sileros and dual purpose (graniferous-silero). This trial had been conducted in the area of influence of the town of Venado Tuerto, Santa Fe, and the objective was validate and adapt the use of different hybrids of sorghum and corn silage in actual production conditions. With this purpose was determined the agronomic performance, the forage production and the quality of the material at the moment of cutting to make the silage. The test was performed on the Establishment "The Union" located in the vicinity of Venado Tuerto city. The Experimental design was a randomized complete block (RCBD) with two replications, whose experimental units were macroplots of eight rows with a 0,525 cm distance between them. Sowing was done on November 2, 2011 on a typical Hapludol soil. The culture was grown in dry land, and although in certain periods of the crop cycle there was water shortage because the lack of rainfall, has grew and developed properly (the results prove it). The forage production was estimated in manual way, by cutting out plants in the same date for all the hybrids. After that, representative samples were taken from each plot, which were processed and sent to the laboratory to measure quality (percentage of dry matter, crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, lignin and organic matter digestibility). The forage cutting was done on March 23, 2011. On average dry matter production was 24.5 tons/ha and 22.5 tons/ha for corn and sorghum, respectively. The evaluated hybrids combine, generally, high dry matter production per hectare with the adequate forage nutritional quality, allowing in all cases achieve high digestible energy values per hectare, which allow proper use of these materials as a strategy for supplementation in livestock for the south of the Santa Fe province.

Keywords: hybrid, trial, silage production, quality.

## INTRODUCCIÓN

La ganadería argentina ha basado su producción histórica en sistemas de aprovechamiento pastoriles. Por los cambios en la política de mercados y precios, una importante proporción de las clásicas invernadas en pasturas han pasado a sistemas de engorde en confinamiento o corral. Los aumentos en los precios de los cereales han producido la caída inicial de la rentabilidad de los feedlots, que luego fue parcialmente compensada por el aumento en el precio del novillo gordo. De todas formas, se están revalorizando nuevamente los sistemas pastoriles con suplementación a campo (Ferré, 2008).

Incrementar la productividad primaria de la producción ganadera, a través de la producción de pasto, es el primer eslabón de un sistema ganadero que pretende ser eficiente y competitivo.

Es entonces necesario ajustar toda la tecnología involucrada para producir más forraje; tales como secuencias de cultivos, elección de variedades, siembras eficientes, control de malezas y fertilización, entre otras (Curró y Bruno, 2008).

Teniendo en cuenta la producción estacional de las pasturas, es necesario la utilización de forrajes conservados como herramienta principal para transferir los excedentes de las mismas y verdes, o cultivos implantados para tal fin, hacia momentos del año donde la oferta es menor. Mediante esta técnica es posible cubrir, al menos en parte, los déficits forrajeros manteniendo una carga animal constante promedio a lo largo del tiempo y/o aumentar la tasa promedio de ganancia de peso. De esta manera pueden ser utilizados los cereales como grano seco, o también los silajes con el picado de planta entera de dichos cultivos (Fernández Mayer, 2006).

El uso de especies anuales como maíz y sorgo para la confección de silajes, surge como una alternativa válida no solo desde el punto de vista nutricional sino también desde lo económico (Bragachini, 2008). Esto se debe a que es posible producir un gran volumen de forraje con adecuada estabilidad y a bajos costos, lo que significa disminuir los riesgos en situaciones donde pueden escasear los recursos forrajeros. Si bien los costos por unidad de forraje son bajos, se debe tener en cuenta la erogación monetaria que significan tanto la adquisición de la maquinaria necesaria para la realización del silaje, como la contratación del servicio, que implican financieramente un valor elevado.

La planificación de las pasturas, contemplando la cantidad y calidad del forraje al momento de conservar, es uno de los factores determinantes del grado de calidad del producto a obtener. Este concepto es muy importante ya que ninguna técnica de conservación mejora la calidad del forraje fresco (Curró y Bruno, 2008).

Al analizar los distintos recursos forrajeros disponibles y sus costos, los silajes de sorgo o maíz son alternativas tecnológicas importantes, y como existe una abundante oferta de genética de los mismos, deben ser evaluados y validados aquellos materiales que más posibilidades ofrezcan de acuerdo a su potencial productivo y su calidad nutricional (Bragachini, 2008).

Para aportar información a nivel local se generó un ensayo, en el área de influencia de la localidad de Venado Tuerto, en el cual se evaluó la aptitud para silaje de distintos materiales de maíz y sorgo, a través de la evaluación de la producción total y la calidad del material utilizado para el mismo.

## ANTECEDENTES

En los últimos años se ha incrementado la utilización de silaje en la alimentación animal, tanto en la lechería como en la producción de carne.

Según datos de la Cámara Argentina de Contratistas Forrajeros, en el año 2009 la superficie ensilada rondó las 800.000 hectáreas, de las cuales el 46 % corresponde a planteos de tambo y el 54 % a esquemas ganaderos de cría y engorde. A su vez, el 69 % pertenece a maíz, el 11 % a sorgo granífero, el 10 % a sorgo forrajero y otro 10 % a pasturas y soja.

Para implementar esta práctica es necesario realizar el balance entre la oferta de los recursos disponibles y la demanda por parte de los animales, de acuerdo con los objetivos establecidos. Si bien el costo de la realización del silo puede parecer alto (implantación del cultivo, picado y elaboración) es imprescindible cuantificar el gasto por kilogramo de materia seca (MS) producida para darle su verdadero valor.

El ensilaje es una técnica de preservación del forraje verde que se logra por medio de una fermentación láctica bajo condiciones anaeróbicas. Las bacterias del ácido láctico fermentan los carbohidratos hidrosolubles del forraje produciendo ácido láctico y en menor cantidad ácido acético. Al generarse estos ácidos, el pH del material ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción (Bertoia, 2004a). Para lograr este proceso se debe cortar y picar el cultivo a ensilar, con elevada humedad (65-75 % aproximadamente), luego se lo traslada al lugar donde se lo almacenará, realizando el compactado del material (expulsión de aire), para que se produzca en forma adecuada el proceso fermentativo.

Las especies más utilizadas para el proceso de ensilaje son las gramíneas, debido a su alto contenido de carbohidratos fácilmente fermentables en comparación con las leguminosas, que son bajas en azúcares. Dentro de éstas, las de mayor importancia son el maíz y el sorgo (Romero, 2004).

Es importante no confrontar ambos cultivos. Tanto uno como otro tienen ventajas y desventajas en función del sitio y planteo ganadero en cuestión. Generalmente se considera al sorgo como un cultivo más rústico y seguro que el maíz, dada su tolerancia a situaciones ambientales de stress y a su mayor capacidad productiva pero de inferior calidad forrajera. Es conveniente evitar las generalidades al comparar ambas especies. Cuando se analizan estos aspectos en profundidad es importante remarcar que, generalmente, los maíces sileros presentan entre sí menos diferencias que los sorgos. Es decir, que entre los sorgos sileros encontramos características más heterogéneas (Lus, 2009).

El cultivo de maíz es uno de los más utilizados a nivel mundial como forraje para la alimentación animal, se lo utiliza ampliamente para la confección de silajes por las siguientes razones:

- Altos rendimientos de materia seca por superficie.
- Produce un alimento con buen valor energético cuando contiene entre un 40-50 % de la materia seca en forma de grano.
- Alta palatabilidad.
- No requiere preoreo, debido a que posee buenas características para ser ensilado a través del corte directo.
- Rápida cosecha.
- Bajos costos de almacenamiento.
- Puede formar la mitad de la dieta de un animal en pastoreo o incluso la base de la alimentación a corral permitiendo mantener altas producciones individuales.

El forraje de maíz es un alimento excelente para los rumiantes debido al elevado contenido de energía que aporta el grano a través del almidón, aunque presenta ciertas limitantes cuando se lo desea suministrar como único alimento. Posee una baja proporción de proteína bruta (PB) y minerales (esencialmente calcio) y requiere de una suplementación estratégica cuando es consumido por los animales (Romero, 2004).

En general, se puede afirmar que un maíz apto para ensilaje debe mostrar un rendimiento óptimo de materia orgánica digestible, ser de fácil cosecha y preservación, permitir una elevada ingesta y ser eficientemente utilizado por los rumiantes (Abdelhadi, 2005).

El contenido de energía y la digestibilidad están afectados por el contenido de espiga y la digestibilidad de la caña + hojas. El rendimiento de espiga y la digestibilidad de la caña + hojas no son independientes. El desarrollo de la espiga es frecuentemente más rápido que el de la planta completa y parte de la acumulación de materia seca en los granos, se realiza mediante la translocación de solutos celulares completamente digestibles desde el tallo hacia la espiga. Cuando el alto contenido de espiga se logra a través de una intensa translocación, la digestibilidad de la caña + hojas es baja (Bertoia, 2010).

La composición de las plantas cosechadas varía según el híbrido usado y las condiciones ambientales.

Existen pautas de manejo que permiten maximizar los beneficios a obtener con silaje de maíz. Las más importantes que influyen sobre la calidad y cantidad del cultivo que va a ser cosechado son: el híbrido seleccionado, la densidad de plantas y la fertilización, la madurez a

cosecha, el manejo durante la cosecha, la altura de corte, el riego suplementario y el manejo durante el almacenamiento (Romero, 2004).

El silaje de maíz puede ser realizado con híbridos graníferos o con híbridos sileros, por lo tanto se deben tener en cuenta las principales diferencias entre ellos. La planta granífera está seleccionada genéticamente para que todo el rendimiento sea aportado por el grano, la altura no tiene relación con la capacidad de rendimiento en grano. El tallo debe ser sólido y sano para asegurar por largo tiempo la transferencia de elementos nutritivos a la espiga. La corteza debe ser espesa y fibrosa para permitir aguardar el comienzo de la cosecha o la sobremadurez sin problemas de vuelco. En un material para silaje, en cambio, toda la planta contribuye al rendimiento en materia seca. La caña tiene que ser rica en azúcares y poco fibrosa, muy palatable y digestible para los animales, suficientemente sólida para asegurar el picado. En la planta que se destina a la producción de forraje, la espiga es sólo uno de los componentes. La caña y las hojas son tan o más importantes. Pueden aportar entre un 50-70 % de la materia seca cosechada y valores mayores si se toma en cuenta la materia verde. Por lo tanto, este componente debe ser objeto de mejora en cuanto a su calidad, situación descuidada en el tipo granífero. La planta para ensilaje debería poseer un mayor rendimiento del componente vegetativo y una mayor digestibilidad, sin resignar rendimiento de grano (Bragachini, 2008).

En los híbridos graníferos, se requiere una fuerte translocación desde la caña hacia el grano. En un híbrido para silaje no es necesario que sea de magnitud, ya que parte de los azúcares pueden permanecer en la caña sin generar pérdidas de rendimiento ni calidad. Más aún, la caña debería transformarse en un segundo depósito de energía altamente digestible (Bertoia, 2010).

Un híbrido forrajero debe poseer un período de crecimiento prolongado para la zona considerada, es decir con un ciclo más largo que los híbridos graníferos más utilizados en el lugar, cañas y raíces fuertes, hojas todavía verdes al momento de madurez fisiológica, alto rendimiento de grano y elevado valor nutritivo por unidad de peso del forraje (Bragachini, 2008).

Los sorgos utilizados para silaje, pueden responder a diferentes biotipos en función del objetivo buscado. En algunas ocasiones, suelen usarse materiales de tipo sudan o fotosensitivos si la búsqueda de esta reserva se enfoca hacia un silo constituido principalmente por fibra. Cuando el objetivo es obtener un silaje de calidad, es importante considerar que las exigencias son mayores, de modo que en este caso, no sólo la fibra es necesaria. En esta situación, juega un rol importante la calidad de la planta así como también el aporte de grano y las características de éste (Lus, 2009).

Para estos requerimientos es posible utilizar: los sorgos sileros clásicos, los graníferos, o los de tipo doble propósito (graníferos-sileros).

Los sorgos sileros clásicos presentan una reconocida adaptación a condiciones edafoclimáticas limitantes, poseen además una elevada producción de forraje constituida principalmente por componentes vegetativos como tallos y hojas con un porcentaje moderado de grano. En el mercado nacional existe un importante número de híbridos evaluados, tanto del tipo azucarados (mejor calidad) como del tipo Sudan, y también fotosensitivos. La producción y la calidad de estos silajes dependerá del tipo de sorgo y del momento de picado (Romero, 2004).

Los biotipos graníferos se ha convertido en una alternativa a considerar en aquellas regiones donde el maíz no puede expresar su potencial de producción. Esto se debe a su conocida capacidad de adaptación a condiciones de menor fertilidad y su mayor resistencia a la sequía. No obstante, es escasa la información relacionada con el comportamiento para ensilado de sorgos graníferos, los cuales necesitan de una elevada producción de grano para brindar valores de digestibilidad total similares en muchos casos a los sileros clásicos debido al alto aporte de la panoja. Con el avance de la madurez, el valor nutritivo de la planta y de los silajes manifiesta una tendencia al aumento de la calidad por el aumento de la proporción en grano de la materia seca total de la planta. Cuando se trabaja con sorgos de alta producción de granos (más del 50 % de la MS total de la planta en grano) se mejora la calidad del forraje obtenido. Es importante destacar que si bien al cortar más tarde se logra mejorar la calidad medida a nivel de laboratorio, puede ocurrir que luego, al ser utilizada por los animales, no se logre la respuesta esperada. Esto se debe a que las máquinas cosechadoras no procesan el grano y, al quedar entero y más duro, es menos digerido por los animales. A su vez, al atrasar la fecha de cosecha hay un aumento de la cantidad cosechada (Bruno *et al.*, 1997).

Por último los sorgos denominados doble propósito presentan características intermedias entre los sileros clásicos y los graníferos, intentando reunir las mejores propiedades de ambos. La porción vegetativa (tallo y hojas) presenta, en términos generales, la calidad de forraje que suelen mostrar los sileros clásicos. En cuanto a su rendimiento en grano se encuentran un poco por debajo de los biotipos graníferos pero por encima de los de tipo silero. De este modo, suelen ser capaces de producir un volumen de materia seca por superficie importante, con una proporción muy alta de granos en su composición (Lus, 2009).

A continuación se exponen a modo de referencia, algunos datos sobre el comportamiento de los principales materiales utilizados en el sur de la Provincia de Santa Fe.

En las tablas 1 y 2 se pueden observar los híbridos de maíz y sorgo usados con mayor frecuencia en dicha región para la confección de silajes. En el caso de los maíces, los más utilizados son de aptitud granífera y de ciclo intermedio - corto, aunque también se utilizan híbridos sileros. En cuanto a los sorgos, los materiales más sembrados en la zona para utilizar como forraje conservado son tanto de aptitud silera como también doble propósito (graníferos – sileros), ambos de ciclo largo.

En las tablas 3 y 4 se detallan los datos productivos de cada uno de los híbridos, como así también los principales parámetros de calidad necesarios de tener en cuenta a la hora de realizar un ensayo de evaluación de materiales.

**Tabla 1:** Principales híbridos de maíz utilizados para la confección de silajes en el sur de Santa Fe

Híbridos	Empresa	Aptitud	Ciclo – Días de emergencia a floración
NK 900	Syngenta	Granífero	Corto – 76
DK 747	Dekalb	Granífero	Intermedio – 125
DUO 548 HX	Dow	Silero	Corto – 68-70

Fuente: Advanta, Dekalb, Dow, Oscar Pemán Semillas, Syngenta

**Tabla 2:** Principales híbridos de sorgo utilizados para la confección de silajes en el sur de Santa Fe

Híbridos	Empresa	Aptitud	Ciclo – Días de emergencia a floración
VDH 422	Advanta	Granífero - Silero	Largo – 79
Silero INTA Pemán	Oscar Pemán Semillas	Silero	Largo – 75-80

Fuente: Advanta, Dekalb, Dow, Oscar Pemán Semillas, Syngenta

**Tabla 3:** Características más relevantes de producción y calidad de los híbridos de maíz

Híbrido	MV Tn/ha	MS Tn/ha	PB %	FDN %	FDA %	Digestibilidad %	EM Mcal/kg MS
NK 900	54	16,8	9,9	52	22,3	60	2,6
DK 747	60,8	18,3	9,6	44,8	20,9	66	2,8
DUO 548 HX	70,6	21,2	8	52,4	27,4	55,6	2,8

Fuente: Advanta, Dekalb, Dow, Oscar Pemán Semillas, Syngenta

**Tabla 4:** Características más relevantes de producción y calidad de los híbridos de sorgo

Híbrido	MV Tn/ha	MS Tn/ha	PB %	FDN %	FDA %	Digestibilidad %	EM Mcal/kg MS
VDH 422	54,8	17,2	7,9	59,9	31,6	63,7	2,31
Silero INTA Pemán	59	19,9	5,9	59,9	33,1	64,7	2,3

Fuente: Advanta, Dekalb, Dow, Oscar Pemán Semillas, Syngenta

## **HIPÓTESIS DEL TRABAJO**

La producción y calidad del material a ensilar está influenciada según sea la especie utilizada maíz o sorgo, existiendo también diferencias entre los diferentes híbridos a utilizar.

## **OBJETIVOS GENERALES**

- Validar y adaptar el uso de distintos híbridos de sorgo y maíz para silaje, en condiciones reales de producción.
- Evaluar el comportamiento agronómico, la producción de forraje y calidad del material ensilado en híbridos de maíz y en híbridos de sorgo, midiendo las respuestas sobre los indicadores utilizados para comparar los distintos genotipos, con igual nivel de tecnología.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar la morfología de las plantas al momento de picado: altura y composición en hoja, tallo, panoja, y grano.
- Evaluar al momento de picado los siguientes parámetros: producción total de los cultivos (rendimiento total verde en kg MV/ha) y rendimiento en materia seca (Kg MS/ha).
- Evaluar la calidad de los materiales ensayados al momento de picado, porcentajes de: materia seca, proteína bruta, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida, lignina y digestibilidad de materia orgánica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### A – CARACTERIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

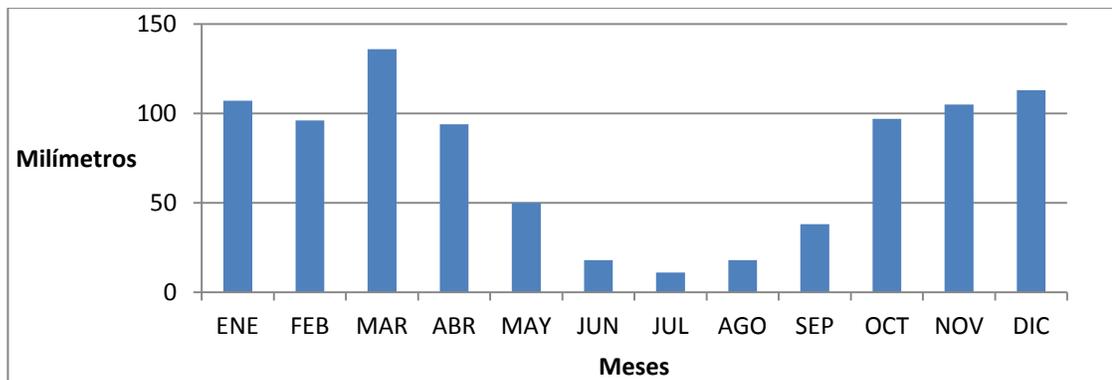
Para cumplir con los objetivos propuestos el ensayo se realizó en el establecimiento “La Unión” (33° 51’ lat. Sur; 61° 58’ long. Oeste), ubicado en el Distrito de Venado Tuerto, Dpto. Gral. López, Prov. de Santa Fe.

El tipo de suelo de este establecimiento es Hapludol típico, de textura franca fina, perteneciente a la Serie Santa Isabel (INTA, 1985).

El clima del sitio experimental está caracterizado por un régimen térmico de clima templado, con temperaturas extremas no muy marcadas, es decir veranos e inviernos suaves. La temperatura media anual es de 16.3° C. La época de heladas comienza a fines de mayo y finaliza a principios de septiembre, siendo el período libre de heladas de unos 270 días (INTA, 1985).

Respecto del régimen hídrico, de acuerdo a los estudios realizados, puede decirse que la distribución anual de las precipitaciones acompaña bastante bien a la demanda climática representada por la evapotranspiración potencial (ETP) pero, en el verano no obstante la concentración de las lluvias dado el gran valor que alcanza la ETP presenta una ligera deficiencia, luego en el otoño y parte del invierno los valores se equilibran y se repone el agua consumida por el suelo. La precipitación media anual es de 900 mm aproximadamente (INTA, 1985).

En la Figura 1 se observa la distribución mensual de las precipitaciones a lo largo del año, en base a un promedio mensual histórico de una serie de 20 años. Puede notarse la concentración de las precipitaciones en los meses comprendidos en el período de octubre a abril, propio de un régimen pluviométrico de tipo monzónico.



**Figura 1:** Precipitaciones medias mensuales históricas, del año 1990 al 2010 (Aeródromo Municipal de Venado Tuerto Tomás B. Kenny, 2012).

## **B – BARBECHO**

Con el fin de controlar las malezas para evitar que las mismas alcancen un estado de crecimiento y desarrollo que luego dificulten su control efectivo afectando a los cultivos a implantar posteriormente, en este caso maíz y sorgo, evitando también que las mismas consuman el agua del perfil del suelo, asegurando una adecuada disponibilidad de la misma para los cultivos, se realizó un barbecho químico.

El día 27 de mayo de 2011 se aplicó en las parcelas que fueron sembradas posteriormente con maíz y sorgo: Atrazina (1 Kg/ha), Dicamba (0,2 Lt/ha), y Round up ULTRAMAX (glifosato-1 Kg/ha).

## **C - ANÁLISIS DE SUELO**

Previo a la siembra se tomaron submuestras de suelo de los primeros 20 cm de profundidad utilizando transectas para analizar las propiedades físico-químicas del suelo, midiendo los siguientes parámetros: pH (1:2,5 suelo/agua) (Mc Lean, 1982); Materia orgánica (Bremmer y Mulvaney, 1982), Fósforo (Bray y Kurtz, 1945); N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> por el método de reducción de cadmio (Lambert y Dubois, 1971).

Los análisis de suelo fueron realizados por el Laboratorio Argentino, de la ciudad de Venado Tuerto, provincia de Santa Fe.

Los resultados obtenidos fueron:

- pH: 5,9
- Materia orgánica: 3,23 %
- Fósforo: 31,8 p.p.m.
- NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: 62,4 p.p.m.

## **D – SIEMBRA**

La siembra del ensayo se realizó el día 2 de noviembre de 2011 para todos los híbridos.

Los cultivos antecesores fueron trigo-soja de segunda.

La sembradora utilizada fue una ERCA neumática de 20 cuerpos (siembra directa), con una distancia entre ellos de 0,525 cm.

Las densidades de siembra fueron las siguientes: Maíz: 76.000 semillas/hectárea.

Sorgo: 304.000 semillas/hectárea.

## E – HÍBRIDOS SEMBRADOS:

En las tablas 5 y 6 se exponen los híbridos de maíz y sorgo sembrados en el ensayo, destacando la empresa correspondiente a cada uno, su aptitud productiva y el largo de su ciclo, considerando los días desde la emergencia del cultivo hasta la floración del mismo.

**Tabla 5:** Híbridos de maíz sembrados en el ensayo

	Híbridos	Empresa	Aptitud	Ciclo – Días de emergencia a floración
1	870 MG RR 2	Nidera	Granífero	Intermedio - 88
2	Nutridor NDS MG	Producec	Silero	Intermedio – 85
3	Nutridense MAX NDS	Producec	Silero	Intermedio – 83

Fuente: Nidera, Producec

**Tabla 6:** Híbridos de sorgo sembrados en el ensayo

	Híbridos	Empresa	Aptitud	Ciclo – Días de emergencia a floración
4	Catriel DP	Producec	Granífero - Silero	Largo – 87
5	AD 91 Sucrol	AD Sur	Silero	Largo
6	AD 86 SA	AD Sur	Granífero - Silero	Largo
7	MS 108	Dow	Granífero - Silero	Largo – 82-86
8	ADV 2900	Advanta	Silero	Largo – 135
9	Echelen	Producec	Silero	Intermedio – 75-82

Fuente: AD Sur, Advanta, Dow, Producec

## F – DISEÑO EXPERIMENTAL

Los ensayos se implantaron en macroparcels de ocho surcos por cada tratamiento mediante siembra directa, éstas se asignaron en un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados con dos repeticiones.

Esquema del diseño experimental:

**Bloque I**

2	5	1	7	9	3	4	6	8
---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Bloque II**

7	3	5	9	1	8	2	4	6
---	---	---	---	---	---	---	---	---

**G – FERTILIZACIÓN**

Para ambos cultivos:

Pre-siembra incorporado: 300 Kg/ha de urea (46-0-0) y 150 Kg/ha de fosfato diamónico (18-20-0).

En la siembra: 40 Kg/ha de fosfato diamónico.

**H - APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS**

Para ambos cultivos:

El día 3 de noviembre se aplicó: para el control de malezas Round up (glifosato-0,5 Kg/ha) y Bice pack (atrazina y S-metolacloro-1,5 Kg/ha), y para el control de insectos (orugas cortadoras) Karate zeon (lambdacialotrina-0,025 Lt/ha).

El día 17 de noviembre se aplicó nuevamente para el control de malezas Atrazina (1 Kg/ha).

## **I - CORTE Y PICADO DE LOS CULTIVOS**

El corte de los cultivos para ensilar se realizó el día 23 de marzo de 2012. En esta fecha se cortaron todos los híbridos ensayados, tanto de maíz como de sorgo.

## **J - MEDICIONES MORFOLÓGICAS**

Las mismas se realizaron en el momento del picado y fueron altura, y composición en hoja, tallo, panoja, y grano. Se realizó también la determinación del rendimiento total verde (kg MV/ha).

Para llevar a cabo dichas mediciones se tomaron dos muestras por parcela de 1,9 metros de largo cada una, evaluando las plantas abarcadas en dicha medida (altura y composición). Posteriormente estas plantas fueron cortadas manualmente a una altura de 20 centímetros aproximadamente y se pesaron por separado la espiga o panoja según corresponda y el resto de la planta (rendimiento verde).

## **K - ANÁLISIS DE CALIDAD**

Se realizaron muestreos de los materiales ensayados para análisis de calidad de la planta en pie al momento del picado. Se evaluaron los porcentajes de: materia seca, proteína bruta, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida, lignina y digestibilidad de materia orgánica.

La importancia de conocer el significado de estos términos, radica en la posibilidad de interpretar los análisis de calidad de los híbridos:

- Proteína bruta: PB, es una medida del nitrógeno total de la muestra expresado como proteína, es decir, la proteína verdadera más el nitrógeno no proteico.
- Fibra detergente neutro: FDN, es una medida del total de fibra contenida en el forraje. Está compuesta por la celulosa, hemicelulosa y lignina. Forrajes con altos contenidos de fibra llenan más rápido el rumen, afectando la capacidad de consumo y necesitando mayor cantidad de ración como suplemento (Van Soest *et al.*, 1963).
- Fibra detergente ácido: FDA, es un indicador del contenido de celulosa, lignina y pectina de la fracción de fibra de los forrajes (Van Soest *et al.*, 1963).
- Lignina: Es un componente de la fibra que no tiene valor energético para el animal, incluso restringe la digestibilidad de otros componentes de la fibra (Van Soest *et al.*, 1963).

- Digestibilidad in vitro de la materia seca: Es una medida aparente de la digestibilidad de la materia seca. Se determina en laboratorio, y permite estimar de manera bastante precisa la digestibilidad real.
- Energía bruta: Es la energía combustible total de un producto alimenticio y no difiere mayormente de un alimento a otro, excepto los ricos en grasas.
- Energía digestible: Es la porción de la EB que no se excreta con las heces. Es la EB afectada por la digestibilidad del alimento.

Los muestreos se realizaron tomando una planta de cada parcela. En el caso del maíz la muestra estuvo formada por la espiga, la hoja inferior de la misma y un trozo de tallo de dicha región de la planta. Para el sorgo se tomó la panoja, y una hoja y trozo de tallo de la parte central de la planta. Las muestras recolectadas fueron embolsadas herméticamente e identificadas individualmente para remitirlas al laboratorio.

Los análisis de calidad fueron realizados por el laboratorio de Análisis de Calidad de Cereales y Forrajeras de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, provincia de Buenos Aires.

La metodología empleada fue a través de NIRS (Near Infrared Spectroscopy) con generación de curvas de calibración según cada determinación, a saber:

1. Proteínas mediante el método de Dumas (Equipo LECO).
2. Energía bruta mediante bomba calorimétrica (Equipo LECO).
3. Digestibilidad mediante método enzimático (Pepsina + Celulasa) en equipo ANKOM.
4. FDN mediante método Van Soest (Equipo ANKOM) (Van Soest *et al.*, 1963).
5. FDA mediante método Van Soest (Equipo ANKOM) (Van Soest *et al.*, 1963).
6. LDA (Lignina detergente ácido) mediante tratamiento con ácido sulfúrico del residuo de FDA (sólo en caña + hojas).
7. Digestibilidad de la fibra mediante determinación de la digestibilidad, luego FDN del residuo y con el cálculo previo de FDN en otra submuestra (sólo en caña + hojas).

Las muestras se secan a 60 °C en estufa con ventilación forzada para disminuir la reacción de Maillard.

Las plantas se separan en dos componentes: caña + hojas y espiga o panoja según sea maíz o sorgo, y sobre el muestreo de cada componente se realizan las determinaciones. Con la

determinación previa del peso de los componentes de la planta en cada parcela se calcula la composición de la planta completa.

## **L - ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los datos obtenidos fueron analizados a través de ANOVA para el análisis de varianzas, y para la comparación de medias el test LSD de Fisher (Fisher, 1935), utilizando un software específico para el análisis estadístico llamado InfoStat (Universidad Nacional de Córdoba, 1998). De esta forma se calcularon los niveles de significancia de las diferencias obtenidas en los híbridos, respecto a los datos peso seco de la planta entera por hectárea y energía digestible total de la planta entera por hectárea.

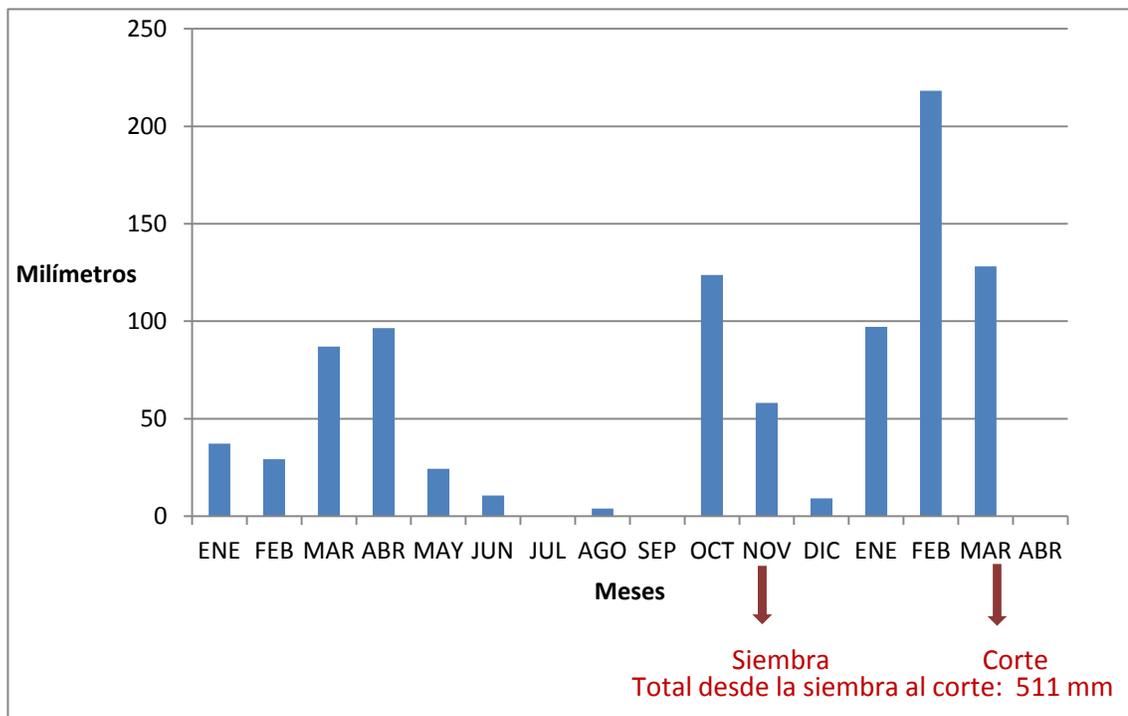
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A - CONDICIONES CLIMÁTICAS

Las condiciones climáticas registradas durante el ciclo del cultivo, resultaron en general favorables para lograr un crecimiento y desarrollo normal.

Si bien ocurrieron déficits hídricos durante los meses de noviembre y diciembre debido a la escases de precipitaciones, la gran humedad acumulada en el suelo durante el barbecho y las primeras etapas del ciclo en que el consumo es bajo, y las elevadas precipitaciones ocurridas durante los meses de febrero y marzo (Figura 2), permitieron que la implantación y posterior crecimiento se desarrollen normalmente.

Las temperaturas fueron las adecuadas para el ciclo del cultivo, no se registraron grandes desviaciones de la media anual de la región.



**Figura 2:** Precipitaciones mensuales, campaña 2011 – 2012 (Aeródromo Municipal de Venado Tuerto Tomás B. Kenny, 2012).

## B - DATOS PRODUCTIVOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO

La implantación y el establecimiento del cultivo se lograron en forma adecuada debido a una correcta uniformidad de siembra y a la calidad de la semilla utilizada.

Los datos arrojados por el ensayo son muy buenos ya que se realizó una adecuada fertilización y un correcto manejo agronómico de malezas, plagas y enfermedades.

En la tabla 7 se presentan los principales resultados obtenidos en el ensayo, en ella se pueden observar los valores de altura de planta, rendimientos en toneladas por hectárea de materia verde (MV) y materia seca (MS), y también los porcentajes de materia seca de cada uno de los híbridos evaluados.

Los valores promedio de materia verde (MV) son 62 Tn/ha y 84 Tn/ha para maíz y sorgo respectivamente. La materia seca (MS) arrojó valores medios de 24,5 Tn/ha y 22,5 Tn/ha.

**Tabla 7:** Principales resultados obtenidos: altura, rendimiento en materia verde y seca y porcentaje de materia seca

Híbridos	Aptitud	Altura Cm	MV Tn/ha	MS %	MS Tn/ha
Maíz					
870 MG RR 2	Granífero	182	67,9	42,4	27,9
Nutridor NDS MG	Silero	218	53,6	40,1	20,75
Nutridense MAX NDS	Silero	233	64,3	38,4	24,85
Sorgo					
Catriel DP	Granífero- Silero	188	51,2	35,9	18,7
AD 91 Sucrol	Silero	229	105,4	26,7	27,55
AD 86 SA	Granífero- Silero	174	92,3	27,9	25,9
MS 108	Granífero- Silero	169	50,6	34,8	17,8
ADV 2900	Silero	330	128	18,4	23,8
Echelen	Silero	237	78,6	27,1	20,65

Se puede observar que si bien los híbridos de sorgo producen mayor cantidad de materia verde por unidad de superficie, al analizar los rendimientos de biomasa total en materia seca los valores son muy similares, incluso un poco superiores los de maíz. Esto indicaría en primera medida que a la hora de comparar rendimientos de biomasa, para ser más precisos y no caer en falsas conclusiones se debería analizar la producción de materia seca, dejando a un lado las grandes diferencias de rendimiento en verde. De lo antes dicho se desprende el hecho de que los híbridos de maíz presentan porcentajes superiores de materia seca por unidad de peso verde.

Si bien se observan grandes diferencias en los rendimientos en materia verde entre los híbridos, principalmente en sorgo, cuando se analizan los valores de materia seca estas diferencias desaparecen, habiendo variaciones mucho menores a lo esperadas de acuerdo a los pesos de biomasa verde.

En cuanto a la altura, se puede observar una gran variabilidad de la misma. Dentro de los maíces, aquellos de aptitud silera poseen una altura superior respecto del híbrido granífero, llegando la máxima diferencia a superar los 50 cm. En los sorgos sucede algo similar, aquellos de aptitud silera alcanzan mayor altura que los graníferos-sileros (doble propósito), esto explica en gran medida la mayor producción de materia verde a favor de los primeros. Al comparar híbridos de maíz con híbridos de sorgo no se observan grandes diferencias si se comparan por un lado el híbrido de maíz granífero con los de sorgo doble propósito, y por otro los maíces sileros con los sorgos de la misma aptitud, salvo el caso del híbrido de sorgo ADV 2900 que alcanza una altura promedio de 330 cm.

### C – ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RENDIMIENTOS MEDIOS OBTENIDOS

Para calcular los niveles de significancia de las diferencias obtenidas en los híbridos respecto a los datos de peso seco de la planta entera por hectárea se realizó un análisis de varianzas con la consiguiente comparación de medias mediante el test LSD de Fisher (Fisher, 1935) (Tabla 8).

**Tabla 8:** Comparación de rendimientos medios de materia seca total de planta entera

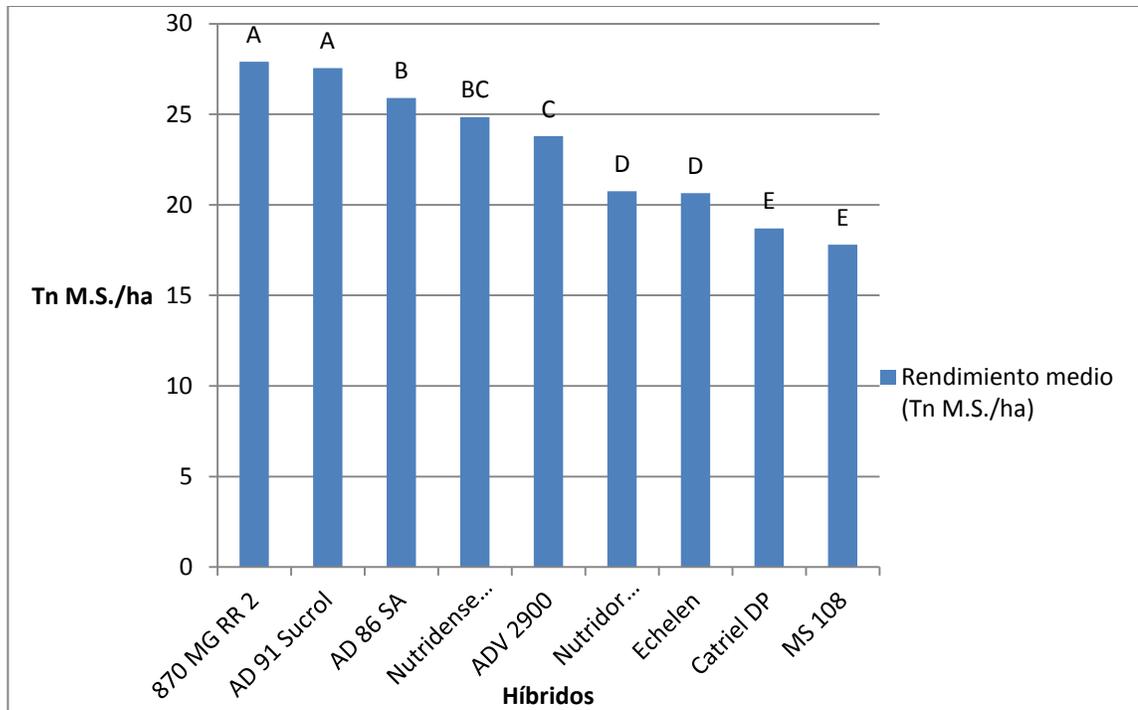
Híbridos	Aptitud	Rendimiento medio Tn M.S./ha	LSD
870 MG RR 2 (maíz)	Granífero	27,9	A
AD 91 Sucrol (sorgo)	Silero	27,55	A
AD 86 SA (sorgo)	Granífero-Silero	25,9	B
Nutridense MAX NDS (maíz)	Silero	24,85	B C
ADV 2900 (sorgo)	Silero	23,8	C
Nutridor NDS MG (maíz)	Silero	20,75	D
Echelen (sorgo)	Silero	20,65	D
Catriel DP (sorgo)	Granífero-Silero	18,7	E
MS 108 (sorgo)	Granífero-Silero	17,8	E

Letras distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) según test de LSD.

Como se observa en la Figura 3, los dos híbridos más productivos superaron las 27 Tn MS/ha. Ellos fueron el híbrido de maíz de aptitud granífera (870 MG RR 2) y un sorgo silero (AD 91 Sucrol).

En producciones intermedias, con valores de entre 25 y 20 Tn MS/ha se encuentran los demás materiales, los de mayor producción cercanos a valores de 25 Tn MS/ha son un sorgo doble propósito (AD 86 SA), y un maíz y sorgo ambos de aptitud silera, Nutridense MAX NDS y ADV 2900 respectivamente. Aquellos de rendimientos del orden de las 20 Tn MS/ha son los restantes híbridos de aptitud silera, uno de maíz (Nutridor NDS MG) y uno de sorgo (Echelen).

Por último los híbridos menos productivos, que no alcanzaron las 20 Tn MS/ha de biomasa total, son aquellos materiales restantes de sorgo doble propósito, Catriel DP y MS 108.



**Figura 3:** Rendimiento medio de materia seca total de planta entera por hectárea (Tn M.S./ha). Letras distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) según test de LSD.

Como se puede observar no hay un patrón establecido de comportamiento. Sin embargo la tendencia indicaría que la mayor producción se obtiene con híbridos de maíz de aptitud granífera, luego se encuentran los materiales sileros, tanto de maíz como de sorgo, con un amplio rango de valores alcanzando los sorgos más productivos los rendimientos del maíz mencionado, y por último aquellos de menor producción son los sorgos doble propósito, sin embargo el híbrido de sorgo AD 86 SA ocupa el tercer lugar en orden decreciente de producción.

Como menciona Bertoia (2004b), el rendimiento está influenciado por innumerables variables genéticas, ambientales y de manejo. Similares valores productivos pueden ser alcanzados en diferentes ambientes, con diferentes híbridos y con diferentes prácticas de manejo (fecha de siembra, densidad, riego, fertilización, momento de corte, entre otras).

Cabe destacar que todos los híbridos ensayados, incluso aquellos de menor rendimiento, tuvieron rendimientos similares y superiores en la mayoría de los casos que los principales materiales utilizados en el sur de la Provincia de Santa Fe, citados en las Tablas 1 y 2.

## D – COMPOSICIÓN PORCENTUAL DEL RENDIMIENTO TOTAL SECO

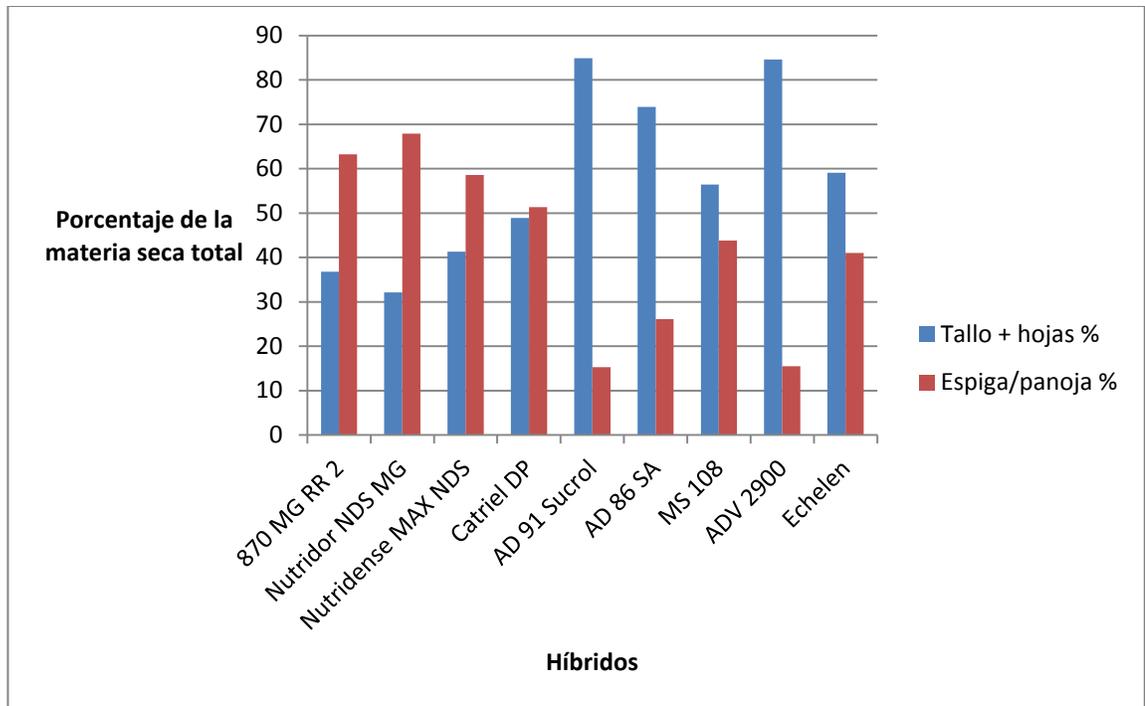
Al realizar el análisis de los componentes del rendimiento total de materia seca por hectárea, dividiéndolo en tallo + hojas y espiga o panoja según sea maíz o sorgo respectivamente, se perciben ciertas deferencias que se pueden observar en la Tabla 9 y que se detallarán a continuación.

**Tabla 9:** Composición porcentual en tallo + hojas y espiga/panoja de la materia seca total

Híbridos	Aptitud	MS Tn/ha	Tallo + hojas %	Espiga/panoja %
<b>Maíz</b>				
870 MG RR 2	Granífero	27,9	36,8	63,2
Nutridor NDS MG	Silero	20,75	32,1	67,9
Nutridense MAX NDS	Silero	24,85	41,3	58,6
<b>Sorgo</b>				
Catriel DP	Granífero-Silero	18,7	48,9	51,3
AD 91 Sucrol	Silero	27,55	84,9	15,3
AD 86 SA	Granífero-Silero	25,9	73,9	26,1
MS 108	Granífero-Silero	17,8	56,4	43,8
ADV 2900	Silero	23,8	84,6	15,5
Echelen	Silero	20,65	59,1	41

En el caso del maíz, en los tres híbridos, el mayor porcentaje de materia seca es aportado por la espiga, alcanzando valores cercanos al 60 % en los tres casos. Esto contradice lo dicho por Bragachini (2008), que indica que en los híbridos de aptitud silera la caña y las hojas son tan o más importantes que la espiga, pudiendo aportar entre un 50-70 % de la materia seca total cosechada; no ocurre lo citado en este ensayo, en el que en todos los casos, sin mayores diferencias entre híbridos graníferos o sileros el mayor aporte de materia seca está dado por las espigas.

Cuando se analizan los resultados obtenidos con los materiales de sorgo, se puede observar en la Figura 4, que en forma generalizada que ocurre lo contrario a lo explicado anteriormente en los híbridos de maíz.



**Figura 4:** Composición porcentual en tallo + hojas y espiga/panoja de la materia seca total.

En todos los materiales de sorgo ensayados el mayor aporte al rendimiento total seco está dado por el componente tallo + hojas. Sin embargo debe hacerse una distinción según la aptitud de cada híbrido. Puede observarse que en aquellos materiales de aptitud silera el 60 % de la materia seca total o más (valores cercanos al 85%) es aportada por el componente tallo + hojas; mientras que en los híbridos de doble propósito (graníferos-sileros) el aporte de ambos componentes es bastante similar, con relaciones cercanas al 50-50 en la mayoría de los casos, salvo el híbrido AD 86 SA que se comporta de igual forma que los materiales sileros aportando en mayor medida a la materia seca total el componente tallo + hojas y que como se observa en la Tabla 8 es el tercer híbrido más productivo de los evaluados en el ensayo.

Los datos obtenidos a través del ensayo, para el caso del sorgo, concuerdan con lo dicho por Lus (2008), que menciona que los sorgos sileros clásicos poseen una elevada producción de forraje constituida principalmente por componentes vegetativos como tallos y hojas con un porcentaje moderado de grano y que aquellos doble propósito presentan características intermedias entre los sileros clásicos y los graníferos, intentando reunir las mejores propiedades de ambos, es decir la producción de la porción vegetativa (tallo y hojas) de los sileros clásicos con el rendimiento en grano de los graníferos (el rendimiento en grano se encuentran un poco por debajo de los biotipos graníferos pero por encima de los de tipo silero). De este modo, suelen

ser capaces de producir un volumen de materia seca por superficie importante, con una proporción alta de granos en su composición.

## E - PARÁMETROS DE CALIDAD OBTENIDOS A TRAVÉS DEL ANÁLISIS EN LABORATORIO

El análisis de calidad de los híbridos sembrados realizado en laboratorio, arrojó para cada uno de los parámetros evaluados ciertos valores que presentan diferencias en todos los casos, siendo las mismas más significativas al comparar materiales de maíz con aquellos de sorgo, que al comparar los híbridos de maíz entre sí por un lado y los de sorgo por el otro (Tabla 10).

**Tabla 10:** Parámetros de calidad obtenidos del análisis en laboratorio: lignina detergente ácido (LDA), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), digestibilidad (DIG), proteína bruta (PB) y energía digestible (ED)

Híbridos	Aptitud	LDA %	FDA %	FDN %	DIG %	PB %	ED Mcal/Kg	ED %
Maíz								
Nutridor NDS MG	Silero	6,28	16,10	35,50	71,30	9,50	3,090	100
870 MG RR 2	Granífero	6,64	18,20	37,70	69,60	8,35	3	97
Nutridense MAX NDS	Silero	5,52	19,80	42,60	65,90	9,20	2,900	94
							Promedio	97
Sorgo								
Catriel DP	Granífero- Silero	6,12	27,30	58,10	64,80	8,04	2,600	84
AD 91 Sucrol	Silero	1,74	29,10	52,50	59,30	6,40	2,100	68
AD 86 SA	Granífero- Silero	2,78	29,70	53,60	60,50	6,70	2,250	73
MS 108	Granífero- Silero	4,60	29,20	57,88	65,10	7,20	2,570	83
ADV 2900	Silero	3,07	36,58	64,69	59,40	6,30	2,100	69
Echelen	Silero	4,70	30,30	59,60	61,40	6,90	2,300	74
							Promedio	75

Para el caso de la LDA (lignina detergente ácido) se observan valores cercanos al 6 % para los híbridos de maíz, y valores inferiores en los de sorgo, con un promedio aproximado de 4 %, sin embargo, esta diferencia no es significativa, influyendo en poca medida sobre la digestibilidad.

Al analizar la FDA (fibra detergente ácido) y FDN (fibra detergente neutro) se observa en ambos casos valores superiores para los híbridos de sorgo que para los de maíz. Al comparar los materiales de maíz por un lado, y sorgo por otro, no se observan grandes diferencias entre ellos.

Algo similar ocurre con la proteína (PB), pero de forma inversa, los mayores valores de la misma se observan en los híbridos de maíz, mientras que en los de sorgo se observan valores levemente inferiores (diferencias del orden del 2 % aproximadamente). Entre híbridos de maíz no se observan diferencias significativas, lo mismo sucede con los materiales de sorgo.

Los parámetros anteriormente analizados inciden sobre la digestibilidad de la materia seca (DIG), por lo que los híbridos de maíz al tener menor cantidad de FDA y FDN y mayor PB poseen valores de digestibilidad superiores a los de sorgo. Dentro de los materiales de sorgo, aquellos de aptitud doble propósito tienen una digestibilidad algo superior a los sileros, esto debido principalmente a la mayor proporción de grano que poseen y a la mayor digestibilidad de los mismos a nivel de laboratorio (Lus, 2008).

Finalmente la energía digestible (ED), medida en megacalorías por kilogramo de materia seca, también arroja valores superiores para los híbridos de maíz, debido al mayor porcentaje de granos (elevada concentración energética) de sus plantas, como así también a la mayor digestibilidad de la planta entera por sus menores valores de FDA y FDN. Dentro de los materiales de sorgo ocurre algo similar, obteniéndose mayores valores de ED por kilogramo de materia seca en aquellos materiales doble propósito respecto de los sileros, por las mismas causas explicadas para el caso del maíz.

Las diferencias de contenido de fibra afectan directamente a la digestibilidad, a mayor contenido de fibra menor será la digestibilidad del forraje. El contenido de energía en el silaje, está principalmente determinado por la cantidad de fibra, la digestibilidad y el contenido de grano (Ramírez *et al.*, 1999).

## F – ENERGÍA DIGESTIBLE TOTAL POR HECTÁREA

Al analizar la energía digestible (ED) total de cada híbrido por hectárea, se están relacionando dos parámetros, uno productivo (Kg MS total/ha) y uno de calidad (Mcal/Kg MS), de esta forma se puede observar realmente cuanta energía aporta cada híbrido por unidad de superficie, que es el dato de mayor importancia a la hora de realizar un balance entre oferta forrajera y demanda de los animales al analizar un planteo ganadero.

Para calcular los niveles de significancia de las diferencias obtenidas en los híbridos respecto a los datos de energía digestible total de la planta entera por hectárea se realizó un análisis de varianzas con la consiguiente comparación de medias mediante el test LSD de Fisher (Fisher, 1935) (Tabla 11).

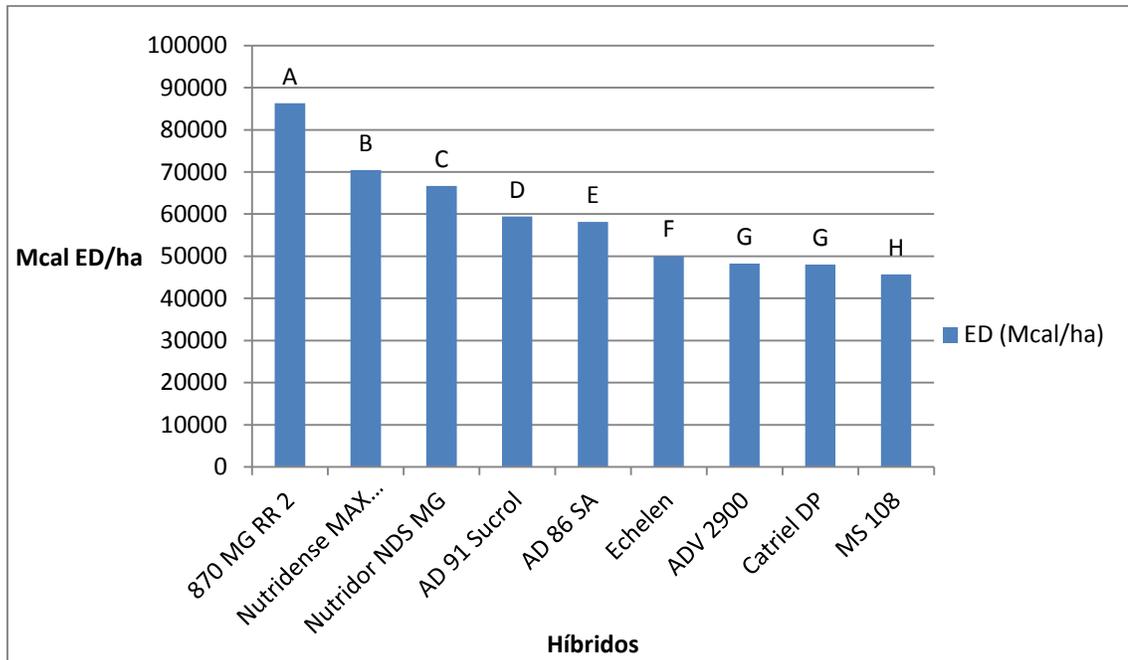
**Tabla 11:** Comparación de medias de ED total de cada híbrido por hectárea (Mcal/ha)

Híbridos	Aptitud	ED Mcal/ha	LSD
870 MG RR 2 (maíz)	Granífero	86302,50	A
Nutridense MAX NDS (maíz)	Silero	70457,50	B
Nutridor NDS MG(maíz)	Silero	66696,50	C
AD 91 Sucrol (sorgo)	Silero	59402,00	D
AD 86 SA (sorgo)	Granífero-Silero	58172,00	E
Echelen (sorgo)	Silero	50002,50	F
ADV 2900 (sorgo)	Silero	48244,00	G
Catriel DP (sorgo)	Granífero-Silero	48002,50	G
MS 108 (sorgo)	Granífero-Silero	45692,00	H

Letras distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) según test de LSD.

Se puede observar en la Figura 5 que los híbridos de maíz aportan mayor cantidad de energía por unidad de superficie que los sorgos. Esto se debe a la mayor energía que posee el maíz por kilogramo de materia seca, debido al mayor porcentaje de grano de la planta, a la mayor concentración energética de estos comparada con la porción vegetativa (tallo + hojas), y a la mayor digestibilidad de la planta entera. En este caso no tienen influencia, en mayor medida,

los rendimientos de materia seca, ya que los maíces sileros de menor producción que algunos sorgos, igual los superan en términos de energía digestible por superficie.



**Figura 5:** Energía digestible (ED) total de cada híbrido por hectárea. Letras distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) según test de LSD.

Entre los híbridos de maíz, las diferencias que se observan sí están dadas por los diferentes rendimientos en kilogramos de materia seca total por hectárea, ya que sus concentraciones energéticas por unidad de materia seca son similares.

Para el caso de los sorgos, si bien las diferencias entre ellos están influenciadas por los contenidos de granos y la digestibilidad de la planta entera, factores que favorecen a los doble propósito (plantas con mayor contenido energético por unidad de materia seca), los que mayor energía aportan por unidad de superficie son aquellos de mayor producción de materia seca por hectárea independientemente de su aptitud productiva.

Si bien en las páginas anteriores se exponen y analizan los resultados obtenidos en el ensayo, se deben mencionar algunos puntos que pueden haber influenciado los valores obtenidos en cada uno de los parámetros evaluados, tanto productivos como de calidad.

En primer lugar la fecha de siembra. En este punto se puede mencionar que quizás hubiera sido más conveniente utilizar fechas más adecuadas para cada especie, anticipando principalmente la siembra del maíz.

En el caso del maíz la temperatura base se ubica en el rango de los 6 – 12 °C según el genotipo, siendo aproximadamente de 8 °C para los que se han estudiado en Argentina (Cirilo, 1994). Estas temperaturas adecuadas para la siembra de dicha especie, se logran para el área de influencia de la ciudad de Venado Tuerto aproximadamente durante la primera quincena del mes de septiembre. Sin embargo en los híbridos de maíz sembrados para la confección de silajes esta fecha se retrasa para que el cultivo crezca y se desarrolle con temperaturas más elevadas y logre un mayor tamaño de planta, realizándose en condiciones normales la siembra en esta región aproximadamente a mediados del mes de octubre.

El sorgo, es una gramínea de origen tropical que fue adaptada para su cultivo en las zonas templadas. Y como tal, siempre se indicó que para realizar su siembra debían contarse con 18 °C de temperatura en el suelo, a la profundidad donde se deposita la semilla, durante tres días seguidos. Luego de las experiencias en Argentina se concluyó que el sorgo, con la condición de buena humedad en el suelo, germina a 10,5 °C y se puede recomendar sembrarlo cuando se tenga tal temperatura a la profundidad de siembra (Chessa, 2010). Es por esto que la siembra de esta especie se retrasa en su fecha con respecto a la de maíz sembrado para grano. Sin embargo cuando se compara con maíz sembrado para silaje, ambos cultivos encuentran sus fechas óptimas de siembra bastante cercanas en el tiempo, pudiendo decir que una siembra a mediados del mes de octubre sería adecuada tanto para maíz como para sorgo cuando ambos cultivos se utilizarán para la confección de silajes. Por lo tanto la siembra realizada en el ensayo resultó tardía para ambas especies (principalmente para maíz), pudiendo haber influenciado el normal desarrollo de sus ciclos.

Como segundo punto a tener en cuenta se debe analizar el momento de corte de los cultivos. Al igual que en el caso de la siembra, la fecha en la que se realizó el mismo no fue la óptima, principalmente para sorgo que se vio más afectado, el maíz se encontraba en condiciones más adecuadas para ser ensilado.

Si evaluamos el sorgo, al analizar el avance de la madurez de este cultivo por el avance de la madurez del grano, puede advertirse que el grano aumenta progresivamente su concentración de almidón, lo que incrementa la materia seca total de la planta y, por ende, la digestibilidad de

esos materiales. El momento óptimo para ensilar sorgo sería, entonces, aquel en el que el promedio de los granos se encuentra en estado pastoso. En este punto, sin embargo, si tenemos certeza de que estaremos trabajando con un buen procesamiento de ese grano, durante el ensilado, es preferible irse al extremo de mayor cantidad de almidón. Si por el contrario, no hay seguridad de ello, conviene trabajar entre estado lechoso y pastoso donde el grano tiene mayor contenido de humedad (Abdelhadi, 2010).

Para el caso del maíz, al igual que en sorgo, aumenta la concentración de hidratos de carbono en el grano al avanzar en su ciclo. En un estado inicial, vegetativo, podemos tener plantas muy digestibles producto de una fibra de muy buena calidad, pero con mucha agua y muy poco almidón. Como la espiga es la responsable de gran parte del rendimiento, el cultivo es mucho menos productivo. A medida que avanza en su madurez, las hojas se van secando y la lignina va empezando a tener un papel cada vez más protagónico en la estructura fibrosa de la planta. Pero a pesar de la pérdida de calidad de la planta no se evidencian cambios en la digestibilidad debido a que el llenado de los granos actúa como compensador. El momento óptimo para ensilar maíz es, entonces, el de media línea de leche (1/2) o dos tercios (2/3) de la misma, en donde aún se cuenta con una planta de buena calidad y suficiente proporción de almidón en ese rendimiento (Abdelhadi, 2010).

Como se explicó anteriormente, la fecha de corte fija, tanto para las especies (maíz y sorgo) como para los híbridos dentro de las mismas, seguramente condicionó los resultados obtenidos, debido a que el corte debiera realizarse en el momento óptimo para cada especie, y también para cada híbrido.

Al momento de realizar el corte, el día 23 de marzo de 2012, algunos de los híbridos de maíz se encontraban en estado de 2/3 de la línea de leche aunque la mayoría de los mismos estaban un poco más avanzados en el ciclo, por lo que los valores de porcentaje de materia seca resultaron cercanos a los adecuados, alcanzando valores de 40 %, considerados un poco superiores a los establecidos como ideales (25 – 35 % MS).

En el caso del sorgo no ocurrió lo mismo, en la fecha establecida, la gran mayoría de los híbridos se encontraban en estado de grano acuoso – lechoso, por lo que les faltó acumulación de hidratos de carbono a sus granos y no lograron alcanzar la cantidad de materia seca necesaria para realizar un silaje en óptimas condiciones. Es por esto que aunque sus rendimientos en materia verde son superiores en la mayoría de los casos a los cultivos de maíz, al poseer porcentajes de materia seca inferiores (estando la mayoría de los híbridos con valores cercanos al 25 %, valor considerado como mínimo para realizar un silaje), los rendimientos en materia seca se ven resentidos, sin llegar a lograr los altos valores que se obtendrían al realizar el silaje en el

momento óptimo del cultivo, que como citan Calsamiglia *et al.* (2004) es cuando el mismo posee un contenido en materia seca de la planta entera del orden del 28 - 35 %. Sólo los materiales doble propósito alcanzaron valores superiores de materia seca, ya que son de madurez más temprana logrando mayor acumulación de hidratos de carbono.

Por lo tanto se podría esperar que si el sorgo hubiese sido cortado más tarde en el tiempo con respecto al maíz, alcanzando el contenido de materia seca óptimo, su gran producción de materia verde se traduciría en un elevado rendimiento en materia seca, seguramente superior en la mayoría de los casos a los de maíz.

Esto también tiene influencia en el aporte energético de los cultivos. Al realizar el corte de los híbridos de sorgo en estado de grano acuoso – lechoso, la energía aportada es menor, debido a la menor cantidad de hidratos de carbono acumulados en granos principalmente.

La energía digestible aportada por hectárea es un parámetro que como se explicó anteriormente está influenciado por la cantidad de materia seca producida por hectárea y por la energía digestible aportada por unidad de materia seca del forraje. Es por esto que si se hubiese realizado el corte en el momento indicado, al obtener mayor rendimiento seco por hectárea y mayor energía digestible por unidad del forraje producido, se hubiesen logrado valores mayores de energía digestible por hectárea, obteniendo tenores similares a los de maíz, recordando que el ensilado de sorgo tiene un valor energético que representa el 75 – 80 % del que tiene un buen ensilado de maíz (Calsamiglia *et al.*, 2004).

## CONCLUSIÓN

Los híbridos evaluados combinaron, en general, alta producción de materia seca por hectárea con adecuada calidad nutritiva del forraje, permitiendo lograr en todos los casos elevados valores de energía digestible por hectárea, lo que permitiría utilizar estos materiales en forma satisfactoria como forraje conservado de reserva, para atender a las demandas del planteo ganadero que se analice en cada caso particular.

Existen diferencias entre híbridos de maíz y de sorgo, y también dentro de estos, según cuál sea su aptitud productiva.

Los híbridos de maíz aportan mayor cantidad de energía digestible por hectárea que los de sorgo, ya que poseen mejor calidad nutritiva que este último. Los de sorgo alcanzan valores elevados de producción de materia seca por hectárea, incluso superiores a los de maíz en algunos casos, pero de menor calidad.

Dentro de los híbridos de maíz se observa una gran diferencia en producción a favor del híbrido granífero, no así en calidad, que tiene valores similares de sus parámetros para los tres híbridos.

En el caso del sorgo, los resultados obtenidos son más heterogéneos, indicando una tendencia de mayor producción pero de menor calidad para los híbridos de aptitud silera, y viceversa para los de aptitud doble propósito, es decir, que estos últimos si bien son de mejor calidad nutritiva, logran menores valores de producción.

Estos resultados indican que a la hora de elegir un cultivar que se adapte a las necesidades de nuestro sistema productivo, es importante evaluar tanto la calidad como la productividad, no existiendo un híbrido ideal, sino aquel que mejor satisfaga las necesidades de un determinado sistema productivo.

Es por esto que resulta imprescindible contar con información confiable y adecuada para cada zona de producción.

**BIBLIOGRAFÍA**

ABDELHADI, L.O. 2005. **El silaje de maíz como soporte de la ganadería Argentina**. Est. El Encuentro, Buenos Aires, Argentina.

ABDELHADI, L.O. 2010. **Diez mandamientos para el mejor ensilado**. Departamento técnico de Alltech, Buenos Aires, Argentina.

BRAGACHINI, M. 2008. **Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional**. E.E.A INTA Manfredi, Córdoba, Argentina.

BERTOIA, M.L. 2004a. **Algunos conceptos sobre el cultivo de maíz para ensilaje**. Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina.

BERTOIA, M.L. 2004b. **Algunos conceptos sobre ensilaje**. Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina.

BERTOIA, M.L. 2010. **Ensilaje de maíz: calidad técnica y biológica**. Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina.

BRAY, R. AND KURTZ, L. 1945. **Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil**. Soil Sci. 59: 9-45.

BREMNER, J. AND MULVANEY, C. 1982. **Regular Kjeldahl Method**. En: Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Second Edition. Page AL (ed). American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Publisher. Madison. Wisconsin, USA.

BRUNO, O.A., ROMERO, L.A., USTARROZ, E. 1997. **Invernada bovina en zonas mixtas**. E.E.A INTA Marcos Juárez, Córdoba, Argentina.

CALSAMIGLIA, S., FERRET, A., BACH, A. 2004. **Tablas FEDNA de valor nutritivo de Forrajes y Subproductos fibrosos húmedos**. Fundación para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, 70 pp.

CÁMARA ARGENTINA DE CONTRATISTAS FORRAJEROS. 2009. **Estimaciones agrícolas**. Buenos Aires, Argentina.

CHESSA, A. 2010. **Sembrando el sorgo granífero de primera**. Pannar. Argentina.

CIRILO, A. 1994. **Tesis de Magister Scientiae**. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina. 86 Pág. Citado en: PASCALE, A. (editor). 2003. **Producción de granos, bases funcionales para su manejo**. Primera edición. Editorial Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Argentina. Pág. 141 – 143.

CURRÓ, C. y J. BRUNO. 2008. **Reservas Forrajeras**. E.E.A. Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina.

FERNÁNDEZ MAYER, A. 2006. **Impacto de los silajes de planta entera en los sistemas de engorde intensivos**. E.E.A INTA Bordenave, Buenos Aires, Argentina.

FERRÉ, C.G. 2008. **Agricultura y ganadería**. XVIª Jornadas Ganaderas de Pergamino y Expofeedlot, Buenos Aires, Argentina.

FISHER, R.A. 1935. **The design of experiments**. Edinburgh: Oliver and Boyd.

INTA. 1985. **Carta de suelos de la República Argentina**. Hoja Maggiolo, Buenos Aires, Argentina.

LAMBERT, R. AND DUBOIS, R.J. 1971. **Spectrophotometric determination of nitrate in the presence of chloride**. Anal. Chem. 43: 955-957.

LUS, J. 2009. **Sorgos para silo y grano**. En: *GAPP News*. GAPP - Calidad en semillas forrajeras. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. Edición N° 15.

MC LEAN, E.O. 1982. **Soil pH and lime requirement**. In **Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Second Edition**. Page AL (ed) American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Publisher. Madison. Wisconsin, USA.

RAMÍREZ, E., LATTANI, P., RUIZ, S. 1999. **Silaje de maíz y sorgo granífero**. Marca Líquida, Córdoba, Argentina.

ROMERO, L.A. 2004. **Calidad en forrajes conservados**. E.E.A. INTA Rafaela, Santa Fé, Argentina.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA. 1998. **InfoStat, Software Estadístico**. Córdoba, Argentina.

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. 1991. **Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition**. J. Dairy Sci. 74, 3583-3597.