



**Universidad Nacional del Nordeste  
Facultad de Ciencias Agrarias**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**“Calidad nutricional de cultivares de sorgo forrajero  
utilizados en el NEA”,**

**ERNESTO JAVIER CAJIDE**

**Director: Dr. Ing. Agr. Ramón Hidalgo**

**MODALIDAD: TESINA**

**Lugar de Trabajo: INTA E.E.A. Las Breñas – Cátedra  
de Mecanización Agrícola**

**Año: 2018**

## **INTRODUCCION**

### **Centro de Origen**

El origen del sorgo ha sido discutido a través de los años, ya que se plantea que procede del noreste de África, en la región ocupada por Etiopía, aunque inicialmente se ubicó en la India. Se introdujo en América en el siglo XVIII. Se considera que distintas especies se cultivan de forma esporádica en países de América, y que los sorgos actuales son híbridos de esas introducciones o de mutantes que han aparecido. (Pérez *et al.*; 2010)

Es un cultivo rústico, capaz de brindar rindes aceptables en condiciones no muy favorables, sobre todo en lo que respecta a la disponibilidad de agua por su tolerancia a la sequía, y es favorable incorporarlo en las rotaciones debido al gran volumen de rastrojo que queda luego de su cosecha protegiendo al suelo de la erosión y reduciendo la pérdida de agua. Otro aspecto favorable es el gran desarrollo de su sistema radical que permite una exploración en profundidad del perfil del suelo, mejorando la estructura del mismo. (Carrasco *et al.*; 2011)

Una característica del sorgo es que ofrece la posibilidad de ser utilizado para distintos destinos: la comercialización del grano, el consumo animal en forma de silo de grano húmedo, silo de planta entera, pastoreo directo o diferido, y en la producción de etanol. (Gambín *et al.*; 2012)

De acuerdo a la bibliografía disponible existen trabajos de investigación de calidad nutricional a nivel mundial y nacional, siendo escasos los trabajos publicados a nivel regional, principalmente de la calidad de sorgos sileros y BMR (nervadura marrón) lo que justifica la realización de este trabajo, el cual será aporte cognitivo tanto, a la comunidad científica, cuanto al sector productivo.

### **Tipos**

En base a su utilidad se puede realizar una clasificación de los distintos tipos de sorgo, según la cual tenemos sorgos graníferos, que presentan una alta producción de grano; sorgos doble propósito, los cuales son materiales de alta producción, tanto de granos como de biomasa de tallos; materiales sileros, de gran producción de biomasa y buena digestibilidad; sorgos tipo Sudan grass, empleados en pastoreo directo o para la confección de rollos, mucho más foliosos y de tallos finos, y de elevada producción de macollos; sorgos fotosensitivos, sensibles a la longitud del día, no florecen o lo hacen tardíamente; y otros como sorgos de tallos secos y para bioetanol. (Gallarino, 2018) Este autor también señala que los sorgos forrajeros tienen un bajo aprovechamiento y como causas de esta problemática describe que los tipos sudan tienen rápido crecimiento y como consecuencia de ello, los sorgos se “pasan” perdiendo calidad y disminuyendo la producción futura. Otro motivo es que por lo general se utiliza una baja carga animal y el rebrote de los sorgos “pasados”, generalmente es muy escaso.

Dentro de los sorgos forrajeros, sileros o de tipo Sudan grass es importante destacar la presencia de los nuevos cultivares BMR (Brown Middle Rib) o sorgos de nervadura marrón que se caracterizan por presentar un menor contenido de lignina en todos sus tejidos, cualidad ésta que se traduce en un material que puede ser aprovechado de manera más eficiente por el ganado al ser la lignina un componente recalcitrante, es decir de difícil degradación. (Alessandri, 2012)

Es destacable resaltar que estos distintos tipos de sorgos presentarán una variación apreciable en su calidad, por lo que es importante tenerlo en cuenta para la elección del material a emplear. Esto se puede apreciar en el estudio realizado por Romero *et al.* (2002) quienes concluyen que la calidad de la planta varía entre genotipos y momentos de corte. En donde el contenido de PB fue más alto en el corte temprano (vegetativo) y más bajo en el medio (floración) y tardío (grano pastoso-duro) con rango de 7,8 a 14% siendo el primer valor para los tardíos y el segundo para los vegetativos. Los valores de fibra (FDN y FDA) y de digestibilidad fueron mejores en el corte más tardío en el caso de los sorgos azucarados y de nervadura marrón, estos autores determinaron para FDA rangos de 30,7 a 36,8%, por el contrario en los sorgos fotosensitivos y sudan, la digestibilidad disminuyó con el avance de la madurez, debido a que se produce un incremento de los componentes que corresponden a la pared celular. Además en todos los genotipos se presentaron valores muy bajos de materia seca y una deficiente conservación (alto valor de pH) en los silajes de los cortes tempranos. Similares apreciaciones fueron hechas por Tranier y Mayo (2017) quienes además indican que para pastoreo directo se pueden utilizar en primer lugar los sorgos sudan porque son considerados más adaptados a este tipo de aprovechamiento con alto volumen de forraje por hectárea y de gran capacidad de rebrote, en segundo lugar los sorgos fotosensitivos, tienen buena aptitud en el pastoreo directo y son los que generan el mayor volumen de forraje.

También la calidad varia con la distribución del peso seco total de la planta entre las distintas fracciones. Es importante destacar lo enunciado por Carrasco *et al.* (2011) quienes señalan que las diferencias en composición morfológica, y en la proporción de tallos, hojas y panojas que poseen los distintos tipos, podrían generar diferencias en la composición química y en consecuencia en el valor nutritivo del recurso forrajero.

### Estadísticas

En Argentina el pico de producción se obtuvo en 1970/71 con 3,12 millones de hectáreas sembradas y una producción de 8,1 millones de toneladas. Luego de eso la superficie cubierta con el cultivo bajó hasta estabilizarse alrededor de 1,2 millones de hectáreas y una producción de 4 millones de toneladas (Berberis y Sánchez, 2011). La zona Centro es la más apta para el cultivo, principalmente Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos, donde los rendimientos oscilan los 4.500 y 5.000 kg/ha, mientras que en la región Norte (Chaco, Corrientes, Formosa, Santiago del Estero y Tucumán) rondan los 3.500 kg/ha. Esta diferencia de rindes puede atribuirse a que en la zona norte normalmente hay una escasa acumulación de agua útil en el suelo, y sumado a esto, que las condiciones son más propicias para que se dé la pérdida de la misma, debido a las altas temperaturas reinantes en la estación estival y a los vientos desecantes característicos. También se debe destacar que este cultivo no ha recibido el mismo tratamiento y cuidado que otros; comenzando por la planificación de la fecha de siembra, ya que es cada vez más común la siembra tardía en diciembre, que tiene un techo de rendimiento más bajo. Además quedan muchos avances por hacer en lo que respecta a preparación del lote, calidad de siembra, fertilización y uso de herbicidas (Bolsa de cereales, 2018). En cuanto al rinde de materia seca por hectárea, Gallarino (2018) señala que el primer pastoreo del sorgo generalmente se hace cuando alcanza una producción próxima a 2.000 Kg MS/Ha coincidente con una altura de entre 60 y 70 cm utilizándose cargas medias que varían de 4 a 6 EV en zonas marginales y de 7 a 8 EV en zonas típicas de pastoreo, o bien, zonas húmedas.

En lo que respecta a la zona Norte, Formosa y Corrientes no superan las 5.000 has implantadas y presentan unos rendimientos muy bajos que rondan los 2.000 kg/ha. En cambio Chaco y Santiago del Estero poseen 134 mil y 200 mil has implantadas respectivamente y con unos rindes promedios de 2.200 kg/ha para Chaco y 3.000 para Santiago del Estero (Gambín *et al.*; 2012). Mientras que Giorda y Ortiz (2011) describen para la campaña 2010-2011 un rinde promedio nacional de 4408 kg/ha y para las provincias de Chaco y Formosa los rindes fueron de 3168 y 2750 kg/ha respectivamente. Además, estos autores indican que el sorgo puede ser usado como complemento e incluso como único alimento de distintas maneras - pastoreo directo, diferido o reserva en distintos tipos de silo de grano húmedo o planta entera- permiten a los productores de forraje/ganado una mayor flexibilidad en el manejo de sus recursos.

El principal destino de la producción nacional es la exportación como cereal. Argentina ha sido un proveedor del mercado internacional aportando grandes volúmenes, consolidándose como gran exportador, alternando el segundo puesto con Australia, el primer puesto corresponde a Estados Unidos. Sin embargo, en la zona norte se lo cultiva principalmente con fines forrajeros, tanto para su pastoreo directo como para su conservación mediante la técnica de ensilado para emplearlo en el bache forrajero invernal, y también se lo utiliza diferido con el mismo fin, es decir que se lo conserva en pie (Secretaría de Agroindustria, 2018).

Estudios realizados por Maresca *et al.* (2007) determinaron que cuando se lo utiliza al sorgo como forraje diferido se debe tener en cuenta que a medida que avanza el invierno va perdiendo calidad gradualmente por lo que se recomiendan pastoreos tempranos.

En cuanto a los rindes por tipo de sorgo, estudios realizados por Oliver *et al.* (2005), evaluando el impacto que tienen dos genes BMR (bmr-6 y bmr-12) sobre los caracteres agronómicos y la digestibilidad de la fibra sobre cuatro líneas de sorgo reportaron rangos de producción de materia seca de 10,1 a 14,8 tn/ha. En estos estudios llegaron a la conclusión de que los genes que determinan la presencia de la nervadura café producen también un impacto negativo sobre la altura de la planta y el rendimiento pudiendo generar madurez tardía.

Con respecto a una mayor partición de fotoasimilados, estudios realizados por Corral-Luna *et al.* (2011) trabajando con dos variedades de sorgo de nervadura marrón reportaron rangos de 49,8 a 53,4 % en tallos, 20 a 22 % en panojas y 22,7 a 30,1 % en hojas. Además en este ensayo estudiaron la calidad nutricional de los materiales, analizando fibras detergente ácido y neutro, proteína bruta, cenizas y energía metabolizable. Obteniéndose valores, en promedio, de 28% para FDA y 6,75% para PB.

Con respecto a materiales sileros, investigaciones realizadas por Fariza *et al.* (2017) en la provincia de Misiones, en el INTA de Cerro Azul, determinaron rendimientos de 16.144,6 Kg/ha con fertilizaciones fraccionadas con nitrógeno y fosforo. Además señalan un régimen pluviométrico, en el momento del ensayo superior a 1000 mm.

## **OBJETIVOS GENERALES**

Evaluar la calidad nutricional, rendimientos y adaptabilidad regional de diez cultivares de sorgo utilizados normalmente en la región NEA, entre los que se analizarán cultivares forrajeros, BMR, doble propósito y sileros. Contrastando además el desempeño de los mismos con y sin la aplicación de fertilización de base con fósforo y nitrógeno.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

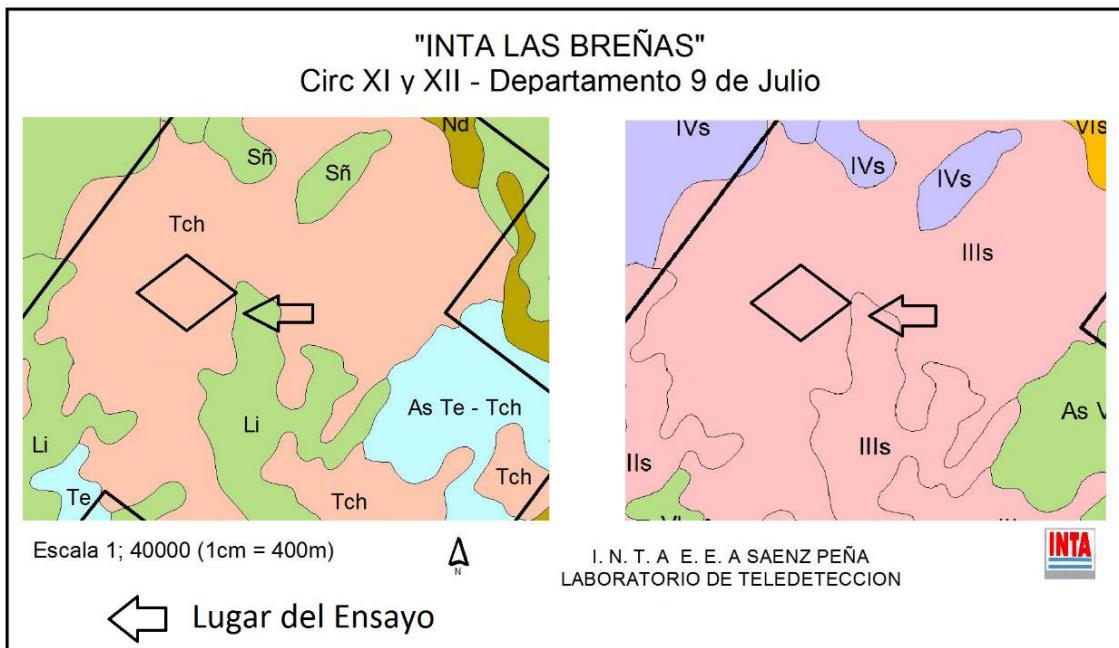
- 1) Evaluar los componentes del rendimiento (toneladas de masa verde y masa seca por hectárea) de los cultivares analizados.
- 2) Evaluación de digestibilidad de los cultivares en estudio mediante análisis químico.
- 3) Analizar si existe una diferencia marcada en cuanto a digestibilidad entre la variedad BMR (Brown Middle Rib) y otras.

## **HIPÓTESIS DE TRABAJO**

La calidad nutricional y rendimientos de los cultivares BMR son superiores al compararlos con otros cultivares forrajeros, sileros y doble propósito.

## **MATERIALES Y METODOS**

El ensayo se llevó a cabo en la campaña 2017/18 en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Las Breñas. La misma está ubicada en las siguientes coordenadas geográficas: latitud 27°04'03,64" S y longitud 61°03'17,94" O. El suelo es un Haplustol Óxico que se encuentra en lomas tendidas poco evolucionadas, de relieve normal. Moderadamente pobre en materia orgánica; medianamente alta capacidad de retención de agua; alto contenido de fósforo; débilmente ácido en superficie y ligeramente alcalino en profundidad. Moderadamente profundo, la penetración efectiva de raíces es inferior a 1 metro. Sus problemas principales son erosión hídrica moderada en chacras antiguas; drenaje imperfecto y moderadamente sódico. No obstante estas limitaciones, es un importante suelo agrícola, que debería tratarse como a los de Capacidad de Uso Clases II, III y IV (*Serie de suelo Tizón*).



**Figura 1.** Ubicación y serie de suelo del lote de ensayo

El clima de la región está caracterizado como subtropical subhúmedo, con una estación seca. Las precipitaciones promedio anual varían desde 800 hasta 900 milímetros. Las

mismas se concentran en las estaciones de primavera, verano y comienzo del otoño, ocasionando en mayor medida sequías y eventualmente inundaciones. Un déficit entre las lluvias y la evaporación explica la inexistencia de cursos de agua y esteros. La temperatura media alcanza los 22 °C, con valores de temperaturas medios máximos de 34,0 °C y mínimas de 14,3 °C cuyos absolutos pueden alcanzar los 42,8 °C, y los mínimos - 5,3 °C (Druzianich, 2012).

El material experimental, corresponde a diez cultivares de Sorgo: Takuri Peman (Doble propósito), VT Seed 1616 (Doble propósito), 417 Genesis (Doble propósito), BMR 500 Peman (Forrajero), Silero INTA Peman (Silero), AR -SE 35 Kioto 1 (Multipropósito), Pegual Genesis (Sudan grass), AR - SE 23 Kioto 2 (Multipropósito), CH 744 Chromatin (Silero) y CH 546 Chromatin (Forrajero).

El diseño experimental fue en Parcelas Divididas con dos factores y 10 niveles de cultivares por dos niveles de fertilización, donde las parcelas principales son los cultivares (con diez niveles) y las subparcelas la fertilización (con y sin), lo que resulta en una combinación de 20 tratamientos (Tabla 1), con tres repeticiones.

Cada tratamiento estuvo conformado por 16 surcos distanciados a 0,52 metros y un largo de 90 metros lo que da un total por parcela de 702 m<sup>2</sup> (Figura 2). Donde los primeros ocho surcos fueron fertilizados con 80 litros de UAN (urea-ammonium nitrate) y 20 litros de fosfato (P2O5) de la empresa BlackSoil en la misma línea de siembra, y los ocho surcos restantes sin aplicación de fertilizante.

**Tabla 1.** Identificación del número de las combinaciones de Tratamientos.

Nº de Trat.	Cultivar	Fertilización
1	Takuri Peman	Con
2	Takuri Peman	Sin
3	VT Seed 1616	Con
4	VT Seed 1616	Sin
5	417 Genesis	Con
6	417 Genesis	Sin
7	BMR 500 Peman	Con
8	BMR 500 Peman	Sin
9	Silero INTA Peman	Con
10	Silero INTA Peman	Sin
11	AR -SE 35 Kioto 1	Con
12	AR -SE 35 Kioto 1	Sin
13	Pegual Genesis	Con
14	Pegual Genesis	Sin
15	AR - SE 23 Kioto 2	Con
16	AR - SE 23 Kioto 2	Sin
17	CH 744 Chromatin	Con
18	CH 744 Chromatin	Sin
19	CH 546 Chromatin	Con
20	CH 546 Chromatin	Sin



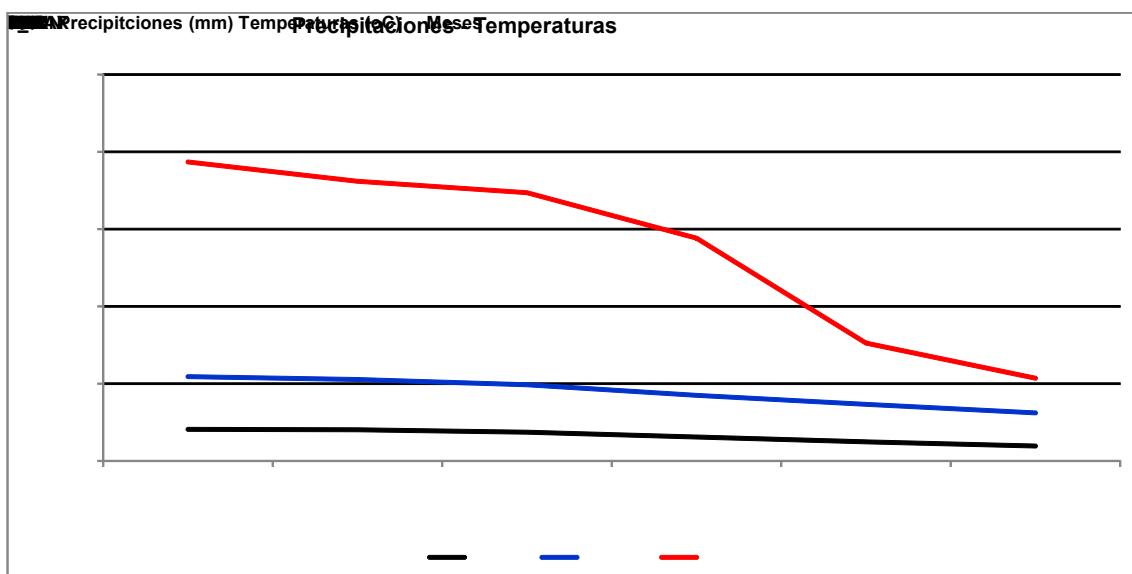
**Figura 1.** Momento de Siembra. Constitución de parcelas- Geoposición: 27°04'03.64'' S 61°03'17.94'' W

### **Datos meteorológicos durante el ciclo de evaluación**

Las precipitaciones registradas durante el ciclo del cultivo (Enero/Junio) fueron de 376,2 mm, distribuidas con un marcado régimen monzónico, es decir que el mayor volumen se localiza en los meses estivales, con una disminución hacia los meses de otoño e invierno. Durante los meses de Enero, Febrero y Marzo se registraron las mayores temperaturas medias y máximas. Las temperaturas y precipitaciones ocurridas se reportan en la Tabla 2 y Figura 2.

**Tabla 2.** Precipitaciones y temperaturas mínimas y máximas medias mensuales durante el período del ensayo. Las breñas – departamento 9 de Julio.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
T_MIN	20,5	20,1	18,6	15,4	12,3	9,7
T_MAX	34,0	32,6	30,6	27,0	24,3	21,4
PP	139,0	128,2	124,4	101,8	39,7	22,4



**Figura 2:** Precipitaciones y temperaturas tomadas durante el ensayo. Precipitaciones, datos em milímetros. Temperaturas, datos en grados Celcius.

## **Variables Respuesta**

Las variables analizadas en el presente ensayo pueden dividirse en dos categorías, variables de rendimiento y variables de digestibilidad.

Para evaluar las variables de rendimiento, medidas en estado fenológico de grano lechoso-pastoso (según escala fenológica de Vanderlip) correspondiente al momento de picado del sorgo para su conservación mediante la técnica de ensilado, se recolectaron las muestras mediante el método de muestreo destructivo, el que se basa en el corte y pesado de las muestras. Para realizar el mismo se emplearon tijeras de podar, efectuando el corte a 15 centímetros de altura en las plantas comprendidas en 2 metros lineales a lo largo de un surco, lo que constituye la unidad de muestreo.

La distribución de las muestras se realizó de manera aleatoria dentro de cada subparcela, tomando siempre las tres repeticiones de cada tratamiento de distintos surcos y en distintas posiciones a lo largo de los mismos.

Posteriormente las muestras obtenidas fueron pesadas, secadas y enviadas al laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNNE donde se realizaron los análisis de digestibilidad.

### **Parámetros de rendimiento:**

Para determinar el rendimiento se consideraron materia verde o fresca y materia seca. Para la primera se tomaron muestras de cada tratamiento y se determinó la masa mediante una balanza con una precisión de 0,000 Kg. (Figura 3)



**Figura 3.** Determinación de materia seca de las muestras previamente secadas en estufa.

Ambas determinaciones se hicieron para las distintas fracciones de las plantas, y así se obtuvieron datos de: *peso húmedo de las hojas* (PHH), *peso húmedo de las panojas* (PHP), *peso húmedo de los tallos* (PHT). Posteriormente las muestras fueron secadas en estufa (procedimiento descripto en el siguiente párrafo) y se obtuvieron las siguientes variables: *peso seco de las hojas* (PSH), *peso seco de las panojas* (PSP) y *peso seco de los tallos* (PST).

De la sumatoria de estas últimas tres variables se conforma el *peso seco total de las muestras* (PSTM), el que resulta de suma utilidad porque se emplea para estimar el rendimiento por hectárea que tendrían los materiales siendo picados para ensilar.

Secado en estufa: se basa en el principio de que el aire caliente con circulación forzada remueve el agua «libre» del forraje, sin que altere su composición química. La temperatura de la estufa se regula a 60-70 °C (para no modificar los parámetros de calidad).

La técnica consiste en pesar una muestra de pasto verde luego colocarla en una bandeja previamente tarada e introducirla en la estufa hasta peso constante (72 horas aproximadamente). Una vez que la muestra está seca, se calcula el porcentaje de materia seca de la misma a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de materia seca (\%)} = 100 - \text{porcentaje de humedad}$$

El porcentaje de humedad se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{\text{peso de muestra húmeda} - \text{peso de muestra seca}}{\text{peso de muestra húmeda}} \times 100$$

La humedad de los forrajes varía con la especie, el estado fisiológico y en menor medida con la estación del año. Es por esto que, todos los resultados deben expresarse en base a materia seca, que es el único valor de utilidad para realizar comparaciones (Bruno *et al.*; 1995).

#### Parámetros de digestibilidad:

*Fibra Detergente Neutro*: indica el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina. Es una medida útil de los factores que determinan el consumo de materia seca.

Este método es útil para la determinación de fibras vegetales en alimentos. Aparentemente tiene la capacidad de separar los componentes nutricionales solubles de aquellos que no son totalmente aprovechables o que dependen de la fermentación biológica para su aprovechamiento pero tiene limitaciones en su precisión cuando los valores de proteína son muy altos y los valores de fibra son bajos (Van Soest, 1963).

*Fibra Detergente Ácido*: mediante éste se separan la lignina y celulosa, indigestibles en el detergente ácido, de la hemicelulosa que si se digiere en el mismo. Este método permite tener una aproximación del grado de digestibilidad de las fibras en el alimento (Van Soest, 1967).

Estas dos primeras determinaciones corresponden al método de Van Soest (Caravaca Rodríguez *et al.*; 2005) y se basan en el uso de detergentes para separar dos fracciones nutricionales del forraje, las que corresponden al contenido celular y a la pared celular, la que está compuesta por celulosa, lignina y hemicelulosa principalmente.

*Extracto Etéreo*: indica la cantidad de lípidos presentes en la muestra. La determinación se realizó mediante el método de Soxhlet (Jensen; 2007), el cual es un sistema cíclico de extracción de componentes solubles en éter.

*Proteína Bruta*: esta determinación se infiere a partir del contenido de nitrógeno total de la muestra. El nitrógeno se determina mediante el método de Kjeldhal (Caravaca Rodríguez *et al.*; 2005). Debido a que las proteínas vegetales contienen un 16% de nitrógeno en su estructura, se utiliza el factor de 6,25 para determinar la proteína a partir del nitrógeno:

$$\text{Proteína Bruta (\%)} = \text{Nitrógeno total (\%)} \times 6,25$$

*Fibra Bruta:* ésta corresponde a la fracción del forraje que se obtiene luego de dos hidrólisis sucesivas, una en medio ácido y la otra en medio alcalino; constituida por la celulosa asociada a la lignina y cierta cantidad de hemicelulosa.

Este análisis indica, de forma poco rigurosa, la mayor o menor digestibilidad de los alimentos. Alimentos con alto contenido en fibra bruta son menos digestibles que aquellos cuyo contenido en fibra bruta es bajo (Becker; 1961).

### **Análisis estadístico**

El análisis de la varianza del diseño de parcelas divididas mencionado anteriormente, requirió de realizar transformaciones de algunas variables ya que no presentaron distribución normal, a excepción del peso seco de las hojas. La variable de peso seco de la panoja se transformó aplicando logaritmo en base diez, y la de peso seco del tallo aplicando la transformación de Box y Cox,  $\lambda=0,25$ , quienes propusieron una familia de funciones de potencia para la variable de respuesta con el objetivo de garantizar el cumplimiento de todos los supuestos de un modelo lineal. Estas transformaciones combinan el objetivo de encontrar una relación simple, con homogeneidad de varianzas, mejorando la normalidad (Peña Sánchez y Peña Sánchez; 1986).

Para describir el comportamiento conjunto de las variables de producción y las de calidad se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) y posteriormente un gráfico Biplot. Los Biplots son un tipo de gráfico exploratorio que permite visualizar información de las unidades analizadas y las variables. Las unidades se visualizan como puntos, mientras que las variables se muestran como vectores.

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa InfoStat versión 7.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Para el peso seco de hoja se observó interacción significativa entre las variables de clasificación material y fertilización ( $p$ -valor 0,0225). Esto indica que la variable en estudio (PSH) está influenciada por la interacción que existe entre los cultivares y la fertilización.

Debido a esto se procedió a realizar un análisis de contrastes para todos los cultivares entre los tratamientos fertilizados contra los no fertilizados. Dicho análisis se presenta en la tabla 3.

Se puede observar que Kioto 2 con fertilización obtuvo el mayor valor de peso seco de hoja, difiriendo significativamente del resto. Por el contrario, hay una marcada diferencia en el valor medio de la variable para este cultivar cuando no fue fertilizado. Este análisis sustenta que este cultivar presenta muy buena respuesta a la fertilización en la producción de hojas.

Los menores resultados, para esta variable se registraron en el cultivar CH 546 aún fertilizado, En los demás tratamientos se dieron valores intermedios. Analizando en cada cultivar el efecto de la fertilización, se observó que solo los cultivares Pegual y Kioto 2 mostraron respuesta a la fertilización.

Además también se observa que los cultivares Pegual, Silero I, Takuri y Kioto 1 y 2 son los que mejor responden a la fertilización en lo que respecta a la producción de follaje.

Se dispone de datos previos de estudios realizado por Loizaga (2017) para los cultivares Pegual: 0,24 Kg, Silero I: 0,261 Kg, VT1616: 0,339 Kg y Takuri: 0,352 Kg, los que son superiores en casi todos los casos a los siguientes valores provenientes del promedio de los datos presentados en la Tabla 3, de los cultivos fertilizados y sin fertilizar: Pegual 0,235, Silero I 0,265, VT1616 0,215 y Takuri 0,275). Esto se puede explicar por una demora en el momento de la toma de las muestras debido a las inclemencias climáticas, con la consecuente disminución del área fotosintética de las plantas.

Del cultivar CH546 no hay datos precedentes, llama la atención la baja producción de hojas no cumpliendo con el desempeño esperado. Lo mismo se puede afirmar del BMR 500. Condiciones climáticas desfavorables incidieron en una demora en la cosecha y toma de muestra lo que, en cierta medida, produjo una mayor senescencia y pérdidas de hojas.

**Tabla 3.** Resultados de la prueba de Duncan de las medias del peso seco de hojas (PSH)

Fertilización	Material	PSH (Kg)	
S	CH 546 (F)	0,12	A
C	CH 546 (F)	0,18	A B
S	BMR 500 (F)	0,19	A B C
S	Pegual (SG)	0,19	A B C
C	BMR 500 (F)	0,2	B C
S	CH 744 (DP)	0,2	B C D
S	VT 1616 (DP)	0,2	B C D
C	CH 744 (DP)	0,22	B C D E
S	Kioto 2 (MP)	0,22	B C D E
C	VT 1616 (DP)	0,23	B C D E F
C	417 (DP)	0,23	B C D E F
S	Silero I (S)	0,24	B C D E F G
S	Takuri (DP)	0,25	B C D E F G
S	Kioto 1(MP)	0,26	C D E F G
S	417 (DP)	0,27	D E F G
C	Pegual (SG)	0,28	E F G
C	Silero I (S)	0,29	E F G
C	Takuri (DP)	0,3	F G
C	Kioto 1 (MP)	0,31	G
C	Kioto 2 (MP)	0,38	H
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )			

Para la variable peso seco de la papa no hubo significancia en la interacción entre los factores Material y Fertilización, por lo tanto se decidió analizar por separado los efectos que tuvieron los parámetros cultivar y fertilización sobre la variable en estudio, es decir, determinar cómo varió la producción de granos según los distintos cultivos, y cómo lo hizo según la aplicación o no de fertilizante. Pudiéndose observar que hay una diferencia significativa en la producción de papa cuando se agrega fertilizante con la siembra respecto de los tratamientos sin fertilización (Tabla 5).

Con respecto a cómo se comportó la variable según los diferentes materiales en estudio, se observaron diferencias significativas, donde se puede apreciar que los cultivares doble propósito tuvieron mejor comportamiento en producción de grano conforme al resto, en segundo lugar los sileros con valores cercanos de producción de papa a los doble propósito. El tratamiento de menor producción fue el material multipropósito Kioto 1, que junto con los cultivares forrajeros y Sudan grass, fueron los de menor producción de papa, como era de esperarse, ya que estos últimos se caracterizan por presentar un bajo índice de cosecha. (Tabla 4)

**Tabla 4.** Resultados de la prueba de Duncan de las medias del peso seco de papa (PSP).

Material	PSP (Kg)	-	-	-	-	-
Kioto 1 (MP)	0,17	A				
CH 546 (F)	0,21	A	B			
Kioto 2 (MP)	0,23	A	B	C		
Pegual (SG)	0,23	A	B	C		
BMR 500 (F)	0,25		B	C		
CH 744 (S)	0,3			C	D	
Silero I (S)	0,36				D	E
417 (DP)	0,39				D	E
Takuri (DP)	0,4				D	E
VT 1616 (DP)	0,43	-	-	-	-	E
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )						

**Tabla 5.** Valores medios de PSP para los tratamientos con y sin fertilización, y significancia

Fertilización	PSP (Kg)	
Sin	0,24	A
Con	0,35	- B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )		

En el análisis de la variable peso seco del tallo tampoco hubo interacción significativa entre los materiales y la fertilización, por ende el procedimiento fue semejante al descripto para la variable anterior. En este caso, también se observa que hay una respuesta a la fertilización con una diferencia significativa producto de un mayor desarrollo de tallo para los tratamientos fertilizados (Tabla 7).

Además se observó que el PST es inferior en los cultivares Silero I y Takuri (DP) con respecto al resto. Comparando con el estudio realizado por Loizaga (2017) se puede ver que el primero tuvo un menor desarrollo de tallo en el presente estudio: 0,56 Kg, contra 0,626 Kg en la campaña anterior. Takuri en cambio presenta 0,64 Kg, superiores a los 0,516 Kg del estudio previo. (Tabla 6) Para el cultivar Silero I, las condiciones climáticas adversas, citadas precedentemente, incidieron en los resultados. En el caso del cultivar doble propósito Takuri vale aclarar que los datos obtenidos en el presente estudio fueron con fertilización de base.

También se puede extraer del análisis de la varianza que los cultivares Pegual, Kioto 2, 417, CH 744 y VT 1616 son los que presentaron mayor peso seco de tallo. De estos materiales, los últimos tres están caracterizados como Doble propósito. Los resultados

del ensayo arrojaron valores de 1,01 y 1,05 kg de materia seca para tallo para Pegual y VT1616 respectivamente. Estos datos fueron superiores a los determinados por Loizaga (2017) (0,731 Kg y 0,572 Kg) para ambos cultivares. Nuevamente, el hecho de haber incluido la fertilización de base pudo influenciar en los resultados. Para el resto de los cultivares no se dispone de datos previos.

**Tabla 6.** Resultados de la prueba de Duncan de las medias del peso seco del tallo (PST)

Material	PST (Kg)		
Silero I (S)	0,56	-	-
Takuri (DP)	0,64	A	-
BMR 500 (F)	0,69	A	B
Kioto 1 (MP)	0,76	A	B
CH 546 (F)	0,91		B C
Pegual (SG)	1,01		C
VT 1616 (DP)	1,05		C
417 (DP)	1,1		C
Kioto 2 (MP)	1,17		C
CH 744 (DP)	1,22	-	C

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

**Tabla 7.** Se muestran los valores medios de PST para los tratamientos con y sin fertilización, y significancia

Fertilización	Medias (Kg)	
Sin	0,76	A
Con	1,06	B

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

El análisis del peso seco total por muestra se presenta en la tabla 8. Se observó una tendencia de menor producción de materia seca para el sorgo de nervadura marrón, obteniéndose un promedio de 10,897 toneladas por hectárea, valores coincidentes con los determinados en los estudios realizados por Oliver *et al.* (2005). Quien determinó que las características particulares de los genes que determinan la nervadura marrón, también inciden sobre la altura de planta y por ende sobre el rendimiento. Estas particularidades son las posibles causas de los menores valores de biomasa.

Los mejores rendimientos se apreciaron en los cultivares VT1616, CH744, 417 y Kioto 2, los que están clasificados como doble propósito y multipropósito en el caso del último. Estos materiales se caracterizan por su alta producción de biomasa lo que resulta en buenos rendimientos a la hora de ensilar.

Para el material Silero INTA Peman el rendimiento obtenido fue inferior al que se pudo apreciar en el ensayo de Fariza *et al.* (2017) en cuyo estudio fueron fertilizadas todas las parcelas. Esto podría explicar, en parte, la diferencia de rendimientos. Por otro lado, existe una marcada diferencia en las precipitaciones totales al momento del ensayo (1000 mm vs. 300 mm)

En el caso de los sorgos BMR se pudo apreciar una mayor partición de los fotoasimilados hacia los tallos y las panojas, y menores hacia las hojas obteniéndose valores de 61,445 % en tallos, 21,705 % en panoja y 17,34 % en hojas difiriendo de los hallados por Corral-Luna *et al.* (2011).

Los datos de rendimiento que se observan en la Tabla 8 para los cultivares Takuri, Pegual, VT1616 y Silero I son todos superiores a los obtenidos en un ensayo previo realizado por Loizaga (2017). Los mismos se presentan a continuación: Pegual (8.759 Kg MS/ha), Silero I (9.271 Kg MS/ha), Takuri (11.941 Kg MS/ha) y VT1616 (13.317 Kg MS/ha). Para los demás cultivares no hay registro porque es la primera vez que se trabaja con ellos.

**Tabla 8.** Resultados de la prueba de Duncan para el rendimiento por cultivar y porcentajes de hoja, panoja y tallo.

Material	Rend (Kg MS/ha)		Hoja (%)	Panoja (%)	Tallo (%)
BMR 500 (F)	10.897,44	A	17,34	21,705	61,445
Silero I (S)	11.362,18	A B	22,37	30,725	46,905
Kioto 1 (MP)	11.682,69	A B	23,74	14,585	61,68
CH 546 (F)	12.099,36	A B	11,795	16,34	71,865
Takuri (DP)	12.628,21	A B	20,98	30,59	49,2
Pegual (SG)	14.262,82	B C	15,75	15,45	68,805
VT 1616 (DP)	16.554,49	C D	12,88	25,815	61,555
CH 744 (DP)	16.554,49	C D	13,085	17,095	69,41
417 (DP)	16.682,69	C D	14,695	22,245	63,06
Kioto 2 (MP)	17.419,87	D	17,515	13,715	69,01
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )					

En la tabla 9 se aprecia diferencia significativa entre los tratamientos fertilizados y los no fertilizados para todos los cultivares, la discrepancia es notoria entre las medias.

**Tabla 9.** Valores medios de Peso seco total de las muestras con y sin fertilización

Fertilización	Rendimiento	
Sin	11.682,69	A
Con	16.346,15	B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )		

En la tabla 10 se pueden ver los resultados del análisis de las variables de digestibilidad de los distintos materiales, exceptuando tres de ellos que no fueron analizados en laboratorio. Éstos son: Takuri, CH546 y 417 Se tomó la determinación de no efectuar su análisis porque son cultivares doble propósito y forrajeros, existiendo en el estudio otros de similares características.

Teniendo en cuenta dicha tabla se puede destacar que el cultivar BMR500 de nervadura marrón presenta los valores más bajos de fibra detergente ácido (FDA). Esta variable determina que fracción de la pared celular corresponde a lignina y celulosa indigestibles. Esto, en consecuencia explica porqué este material obtuvo los valores más elevados de nutrientes digestibles totales y energía digestible.

Considerando lo mencionado anteriormente y agregando que este material con fertilización mostró el mayor valor de proteína bruta se puede decir que es el de mejor calidad nutricional.

Los valores para el material de nervadura marrón apreciados en la Tabla 10 para la variable FDA son de 24,56% sin fertilización y 25,28 con fertilización, ambos menores que los datos registrados por Romero *et al.* (2002) y Corral-Luna *et al.* (2011).

En cuanto a los resultados de proteína bruta, para el sorgo BMR500 fertilizado, el valor promedio fue de 7,41% similar al obtenido por Romero *et al.* (2002), sin fertilización, y superior a los obtenidos por Corral-Luna *et al.* (2011), fertilizado con nitrógeno y fósforo. Cabe aclarar que los datos obtenidos para el mismo cultivar sin fertilización (5,84%) fueron inferiores a los de ambos estudios.

Dentro de los materiales multipropósito el cultivar Kioto 1 presentó muy buenos valores de FDA, NDT y ED pero con un menor aporte proteico, posiblemente debido a un menor desarrollo de panoja (Tabla 8).

Analizando la energía digestible (ED) los cultivares con los menores valores fueron CH744, Pegual y Kioto 2, presentando mayor proporción de tallo, cercano al 70%, (tabla 8). Estos materiales también registraron datos superiores de Fibra Detergente Ácida lo que explica la baja ED, posiblemente consecuencia del alto porcentaje de tallo, por ser plantas ya lignificadas y con pocas hojas, debido a la abscisión de las mismas por senescencia. Probablemente el momento de corte no haya sido el más oportuno, debiendo realizarse unos días previos.

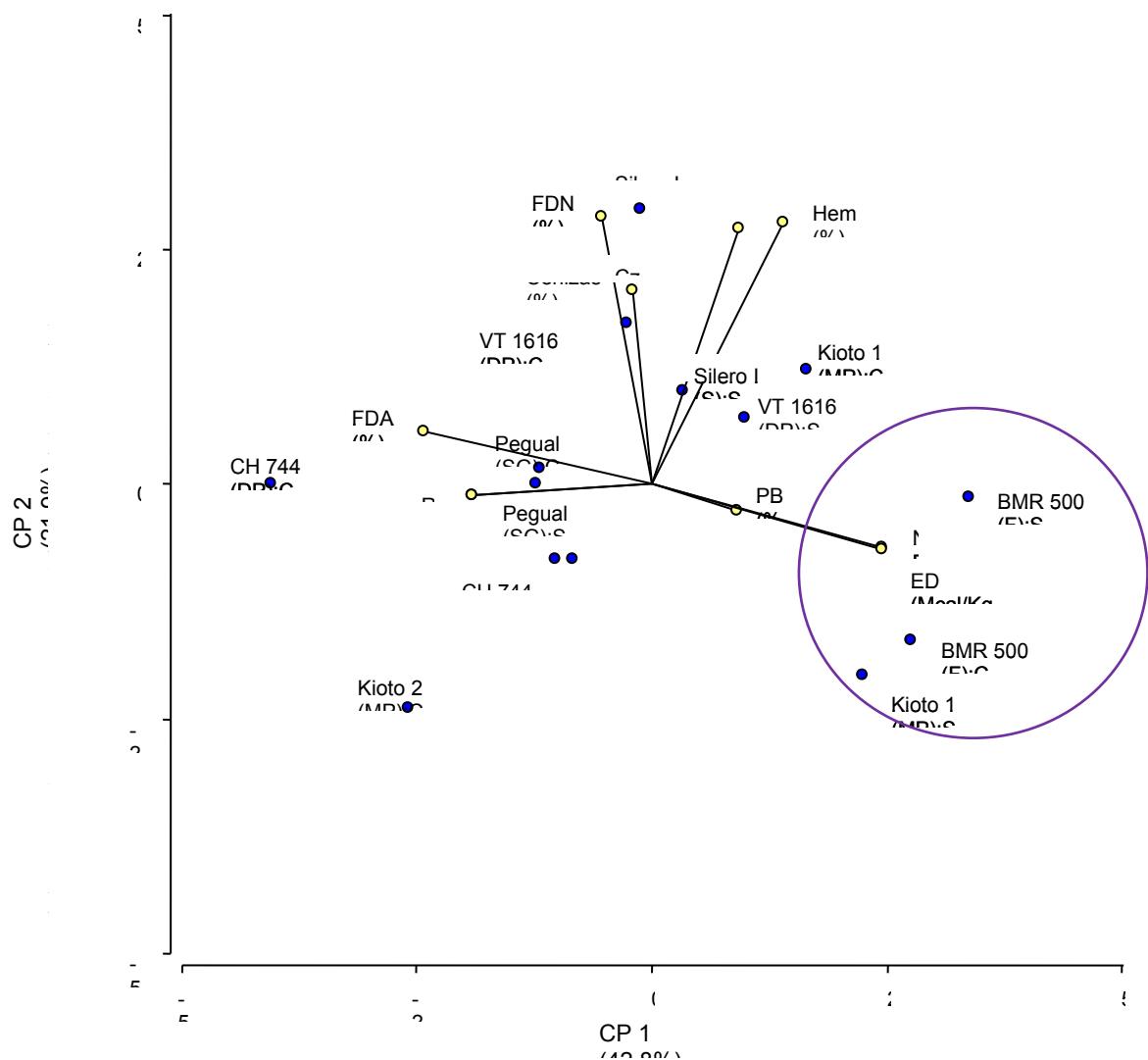
**Tabla 10.** Resultados de la prueba de Duncan para las medias de proteína bruta (PB), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), hemicelulosa (Hem), cenizas (Cz), nutrientes digestibles totales (NDT), energía digestible (ED) y extracto etéreo (EE)

Material	Fert.	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)	Hem (%)	Cz (%)	NDT (%)	ED (Mcal/Kg)	EE (%)
CH 744 (DP)	Sin	4,11 a	30,7 e	56,74 e	22,1 c	8,34 h	64,91 c	2,86 c	0,97 a
Kioto 2 (MP)	Sin	4,16 a	34,04 gh	57,44 f	24,4 e	7,43 d	65,4 f	2,89 cd	1,15 c
CH 744 (DP)	Con	4,34 b	38,72 j	59,24 h	20,52 b	8,33 h	61,69 a	2,72 a	1,3 f
Kioto 1 (MP)	Sin	4,39 b	25,87 c	49,72 a	23,82 d	7,73 f	71,88 l	3,18 g	1,2 d
VT 1616 (DP)	Sin	4,47 c	29,02 d	58,27 g	29,3 g	8,04 g	69,41 k	3,06 f	2,05 k
Silero I (S)	Con	4,91 d	32,71 f	67,18 l	33,3 i	8,57 i	65,52 g	2,89 cd	2,29 l
Silero I (S)	Sin	4,95 d	33,88 g	66,84 k	34,13 j	7,36 c	66,46 h	2,93 d	1,26 e
VT 1616 (DP)	Con	5,43 e	31 e	54,98 d	33,97 j	9,54 j	67,82 i	2,99 e	2,08 k
Kioto 2 (MP)	Con	5,59 f	34,41 h	53,05 c	18,64 a	6,86 a	65,11 d	2,87 c	1,01 b
Pegual (SG)	Con	5,75 g	34,1 gh	58,4 g	24,34 e	8,05 g	65,35 e	2,88 c	1,69 h
BMR 500 (F)	Sin	5,84 h	24,56 a	56,73 e	32,17 h	7,69 f	72,95 n	3,23 h	1,74 i
Kioto 1 (MP)	Con	6,03 i	25,72 bc	62,34 j	36,61 k	7,53 e	68,84 j	3,03 ef	1,91 j
Pegual (SG)	Sin	6,51 j	36,98 i	60,85 i	23,87 d	7,14 b	63,06 b	2,78 b	1,62 g
BMR 500 (F)	Con	7,41 k	25,28 b	50,12 b	24,84 f	7,51 e	72,36 m	3,19 gh	1,69 h

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

### Análisis de la varianza multivariado

Este análisis permite visualizar con mayor claridad los cultivares de mayor calidad nutricional, digestibilidad y rendimiento. Para lo cual esta metodología agrupa a los cultivares de similares características (Peña 2002). (Figura 4)



apreciar hay una diferencia significativa entre los tres grupos visualizados en el gráfico biplot.

**Tabla 11.** Prueba de Hotelling para los tres grupos conformados en el gráfico Biplot y las medias de las variables por grupo.

G	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)	Hem (%)	Cz (%)	NDT (%)	ED (Mcal/Kg)	EE (%)	Rend (Kg/ha)	n	
3	5,88	25,24	52,19	26,94	7,64	72,4	3,2	1,55	10.512,82	9	A
2	5,16	30,47	61,92	33,46	8,21	67,61	2,98	1,92	13.891,03	15	
1	5,08	34,83	57,62	22,31	7,69	64,25	2,83	1,29	16.079,06	18	

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

### CONCLUSIONES

1. Los materiales evaluados presentan diferencias agronómicas y de calidad que deberían ser analizadas en conjunto al seleccionar un genotipo para un planteo productivo específico.
2. Los cultivares VT1616, 417, CH744 y Kioto 2 mostraron el mayor potencial de acumulación de materia verde y seca. Sin embargo, estos dos últimos pertenecen al grupo 1, el que mostró un menor aporte energético, por su gran proporción de FDA. De estos materiales el mejor, conjugando las variables, sería el VT1616 perteneciente al grupo 2, con valores intermedios en FDA, NDT y ED, y con una buena proporción de panoja.
3. La variedad de sorgo BMR presentó consistentemente menores contenidos de FDA que los cultivares de sorgo normales, como era de esperarse. Y esto permitió que el mismo obtenga los mejores valores en cuanto a digestibilidad. Sin embargo esta línea mostró el valor más bajo de rendimiento.
4. Si bien es necesario realizar un análisis económico de costo/beneficio, se puede afirmar a partir del presente estudio que la aplicación de fertilizante de arranque a base de fósforo y nitrógeno es muy favorable para el desarrollo del cultivo, puesto que se pudo apreciar una diferencia de rendimiento de casi 5.000 Kg/ha de materia seca en las medias de los tratamientos con y sin fertilización.
5. En base al agrupamiento generado en el gráfico Biplot, se puede mencionar que los materiales multipropósito tienen un comportamiento muy dispar, dado que se encuentran en los tres grupos; y que hay una tendencia de los materiales sileros y doble propósito a presentar cualidades intermedias y equilibradas de rendimiento y digestibilidad.

## **BIBLIOGRAFIA**

Alessandri E. 2012. Sorgo BMR: entendiendo su genética. Forratec Argentina S.A. Cit in: <http://todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=23149>

Becker M. 1961. Análisis y valoración de piensos y forrajes.

Berberis N.; Sánchez C. 2013 Informe de cultivo de sorgo: evolución y perspectivas. Un análisis de las estadísticas, julio 2013. Cartilla digital. INTA Manfredi. Cit in [www.tecnosorgosa.com.ar/pdf/intainfosorgo.pdf](http://www.tecnosorgosa.com.ar/pdf/intainfosorgo.pdf).

Bolsa de Cereales de Buenos Aires. 2018. Estado y Condición de Cultivos. Departamento de Estimaciones Agrícolas

Bruno O.; Castro H.; Comerón E.; Díaz M.; Guaita S.; Gaggiotti M.; Romero L. 1995. Técnicas de muestreo y parámetros de calidad de los recursos forrajeros. Publicación Técnica número 56. INTA Rafaela.

Caravaca Rodríguez F.P.; Castel Genís J.M.; Guzmán Guerrero J.L.; Delgado Pertíñez M.; Mena Guerrero Y.; Alcalde Aldea M.J.; González Redondo P. 2005. Bases de la producción animal. Capítulo 12. Página 252.

Carrasco N.; Zamora M.; Melin A. 2011. Manual de sorgo. Proyecto Regional Desarrollo de una Agricultura Sustentable en los Territorios del CERBAS. Ediciones

INTA Cit in  
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_manual\\_de\\_sorgo\\_renglon\\_191.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_de_sorgo_renglon_191.pdf).

Corral-Luna A.; Domínguez-Díaz D, Rodríguez-Almeida F. A.; Villalobos-Villalobos G.; Ortega-Gutiérrez J. A.; Muro-Reyes A. 2011. Composición química y cinética de degradabilidad de ensilaje de maíz convencional y sorgo de nervadura café. Revista Brasileira de Ciencias Agrárias. Cit in: [http://www.agraria.pro.br/ojs2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria\\_v6i1a973&path%5B%5D=451](http://www.agraria.pro.br/ojs2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v6i1a973&path%5B%5D=451)

Druzianich E. 2012. Manual Plan Operativo Anual. EEA INTA Las Breñas.

Fariza S.I.; Heck M.; De Lucía A.; Blaszchik J. 2017. E.E.A Cerro Azul — INTA. Informe de Avance N° 8. Caracterización preliminar de sorgo silero en Misiones (Argentina) campaña 2016/2017. Cit in: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/informe\\_avance\\_n8\\_sorgo\\_silero\\_2016-17-2\\_0.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/informe_avance_n8_sorgo_silero_2016-17-2_0.pdf)

Gallarino H. 2008. Manejo de sorgos forrajeros, su aprovechamiento. Marca Líquida Agropecuaria, Córdoba, 18(180):52-54. Cit in: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).

Gambín B.; Fontaneto H.; Baudino J.; López R.; Gregoret C.; Zucal M. 2012. Producción de Sorgo granífero. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA). ISBN 978-987-1513-09-3. Pp 70.

Giorda L.; Ortiz D. 2011. Sorgo para la sustentabilidad y producción animal del NEA. Estrategias para una mayor productividad. 1ra Jornada de Silaje del NEA. INTA el Colorado, Formosa. Cit in: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-sorgo\\_para\\_la\\_sustentabilidad\\_y\\_produccion\\_animal](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-sorgo_para_la_sustentabilidad_y_produccion_animal).

Jensen W. 2007. The origin of the Soxhlet extractor. Journal of Chemical Education, 84(12):1913.

Loizaga, U. 2017. Resultados de calidad nutricional y rendimientos de sorgos forrajeros usados en el oeste chaqueño. Informe para empresas semilleras. Estación Experimental INTA Las Breñas. Inédito.

Maresca, S.; Echerri, D.; Quiroz, J.; Recavarren, P. 2007. Ensayo comparativo de sorgo y maíz diferido para vacas de cría. Cartilla digital. INTA EEA Cuenca del Salado. Cit in <https://inta.gob.ar/documentos/ensayo-comparativo-de-sorgo-y-maiz-diferido-para-vacas-de-cria>.

Oliver L., Pedersen J. F., Grant R. J., and Klopfenstein T. J. 2005. Comparative Effects of the Sorghum bmr-6 and bmr-12 Genes:I. Forage Sorghum Yield and Quality

Peña, D. 2002. Análisis de Datos Multivariantes. Madrid: Mc Graw Hills/ Interamericana de España.

Peña Sánchez D.; Peña Sánchez J. 1986. Un contraste de normalidad basado en la transformación Box-Cox. Estadística Española, Número 110, Páginas 33 a 46

Pérez A.; Saucedo O.; Iglesias J.; Wencomo H.B.; Reyes F.; Oquendo G.; Idolkys M. 2010. Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L.

Moench). Pastos y Forrajes. Vol. 33. No 1. Versión impresa. ISSN 0864-0394. Cit in [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942010000100001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942010000100001)

Romero L.; Aronna S. y Comerón E. 2002. El sorgo forrajero ¿Puede ser un buen sustituto del maíz? Cartilla digital. INTA EEA Rafaela. Cit in [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/maiz\\_sorgo/45-sorgo\\_puede-sustituir\\_al\\_maiz.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/maiz_sorgo/45-sorgo_puede-sustituir_al_maiz.pdf).

Secretaría de Agroindustria. 2018. Informe de Producción. Campaña 2017-2018.

Tranier Pérez E.; Mayo A. 2017. Sorgos para pastoreo: Criterios a tener en cuenta para la realización de este recurso forrajero. Informe Técnico. INTA, Bordenave.

Van Soest PJ, Wine RH. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents. J Offi Agric Chem.; 50: 50 - 55.

Van Soest PJ. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. J Offi Agric Chem; 46: 829 - 835.