

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

EL MAÍZ BLANCO CANGÜÉ PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

por

Gonzalo ALESANDRI

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2012**

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. MSc. Ana Bianco

Ing. Agr. PhD. Laura Astigarraga

Ing. Agr. MSc. Rafael Vidal

Fecha: 30 de agosto de 2012.

Autor: -----
Gonzalo Alesandri

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación no hubiera sido posible sin la ayuda de algunas personas.

Muchos meses tomó desarrollar el tema. Día tras día fueron dedicándose a la generación de datos. Datos que se irían convirtiendo en números, y los números en palabras, las cuales debían expresar las ideas y experiencias resultantes a las que se esperaba arribar en buena forma al finalizar.

Si se suma a esto el esfuerzo que le demanda al autor llevar adelante esta investigación y darle consistencia a su escrito, se puede pasar raya y notar que difícilmente haya sido posible lograrlo sin la ayuda, consejos, aliento y respaldo de quienes lo rodean. Y es que también esas personas han debido sacrificar parte de su tiempo, y han sabido entender y apoyar el arduo, pero gratificante al fin, proceso de elaboración de esta tesis.

Por estas razones se aprovecha la oportunidad para homenajear y agradecer a mis padres y hermano, quienes han formado parte de este duro emprendimiento, a Florencia por su incansable ayuda, y a quien fue guía y referente en todo este proceso: Ing. Agr. MSc. Ana Bianco.

A todos ustedes, y con un profundo sentimiento, muchas gracias.

El autor.

TABLA DE CONTENIDO

| | Página |
|--|--------|
| PÁGINA DE APROBACIÓN..... | II |
| AGRADECIMIENTOS..... | III |
| LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES..... | VI |
| | |
| 1. <u>INTRODUCCIÓN</u> | 1 |
| | |
| 2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> | 2 |
| 2.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA DEL MAÍZ BLANCO..... | 2 |
| 2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CULTIVO DE MAÍZ Y SORGO Y SU SITUACIÓN EN URUGUAY..... | 4 |
| 2.3 PARTICULARIDADES DEL MAÍZ BLANCO CANGÜÉ..... | 8 |
| 2.3.1 <u>Descripción</u> | 8 |
| 2.3.2 <u>Evaluaciones, rendimiento y adaptación</u> | 9 |
| 2.4 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL ENSILADO DE MAÍZ Y SORGO..... | 11 |
| 2.5 EFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA Y DENSIDAD SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL ENSILADO..... | 16 |
| 2.5.1 <u>Fecha de siembra</u> | 16 |
| 2.5.2 <u>Densidad de siembra</u> | 19 |
| | |
| 3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> | 22 |
| 3.1 ENSAYO 1: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FECHA Y DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL CULTIVO..... | 22 |
| 3.1.1 <u>Diseño experimental</u> | 22 |
| 3.1.2 <u>Distribución de plantas</u> | 23 |
| 3.1.3 <u>Manejo de malezas, enfermedades y plagas</u> | 23 |
| 3.1.4 <u>Determinaciones</u> | 24 |
| 3.1.5 <u>Análisis estadístico</u> | 25 |
| 3.2 ENSAYO 2: EVALUACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO DEL ENSILADO..... | 26 |
| 3.2.1 <u>Alimentos a evaluar</u> | 26 |
| 3.2.1.1 Sorgo dulce: Subespecie <i>Sorghum</i> <i>saccharatum</i> | 27 |
| 3.2.1.2 Sorgo <i>bmr</i> | 28 |
| 3.2.2 <u>Animales</u> | 28 |
| 3.2.3 <u>Diseño experimental</u> | 28 |

| | |
|---|----|
| 3.2.4 <u>Determinaciones</u> | 28 |
| 3.2.4.1 Del cultivo..... | 28 |
| 3.2.4.2 De los ensilados..... | 29 |
| 3.2.5 <u>Análisis químico</u> | 30 |
| 3.2.6 <u>Análisis estadístico</u> | 31 |
| | |
| 4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> | 32 |
| | |
| 4.1 ENSAYO 1: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FECHA Y DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL CULTIVO..... | 32 |
| 4.1.1 <u>Eficiencia de siembra y situación agroclimática</u> | 32 |
| 4.1.2 <u>Composición morfológica</u> | 36 |
| 4.1.3 <u>Contenido de materia seca</u> | 37 |
| 4.1.4 <u>Rendimiento</u> | 38 |
| 4.2 ENSAYO 2: EVALUACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO DEL ENSILADO..... | 40 |
| 4.2.1 <u>Muestreo de cultivos en pie de sorgo <i>bmr</i> y maíz blanco, composición morfológica y rendimiento</u> | 40 |
| 4.2.2 <u>Composición química</u> | 41 |
| 4.2.3 <u>Digestibilidad <i>in vivo</i> y consumo potencial</u> | 42 |
| 4.2.4 <u>Evaluación de los métodos predictores de la digestibilidad; comparativo <i>in vivo</i> – <i>in vitro</i></u> | 43 |
| 4.2.5 <u>Estimación de la energía metabolizable y la energía neta de lactación</u> | 45 |
| | |
| 5. <u>CONCLUSIONES</u> | 46 |
| | |
| 6. <u>RESUMEN</u> | 49 |
| | |
| 7. <u>SUMMARY</u> | 51 |
| | |
| 8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> | 53 |
| | |
| 9. <u>ANEXOS</u> | 59 |

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

| Cuadro No. | Página |
|---|--------|
| 1. Composición química, digestibilidad y valor energético del maíz Blanco Cangüé para pastoreo en comparación a un sorgo forrajero..... | 12 |
| 2. Producción y composición de la leche de vacas con dietas con ensilaje de maíz Blanco Cangüé ó sorgo..... | 13 |
| 3. Evaluaciones de ensilados de maíz Blanco Cangüé..... | 14 |
| 4. Resultados del maíz Blanco Cangüé en la Evaluación Nacional de Cultivares de 2005/ 2006 y 2009/ 2010 para maíz para producción de ensilado en relación al promedio de todos los cultivares.... | 18 |
| 5. Descripción de los tratamientos..... | 22 |
| 6. Descripción de los sorgos utilizados..... | 27 |
| 7. Análisis de laboratorio y métodos utilizados..... | 30 |
| 8. Eficiencia de siembra y no. pl./ há según tratamiento..... | 32 |
| 9. Precipitaciones acumuladas a los 12 días, en los 10 días previos a la floración y en el total del ciclo..... | 33 |
| 10. Composición morfológica de la planta (como % del peso seco)..... | 36 |
| 11. Contenido de materia seca de la planta entera... | 37 |
| 12. Rendimiento promedio..... | 38 |
| 13. Población, altura de plantas y porcentaje de vuelco..... | 40 |

| | |
|--|----|
| 14. Composición morfológica de las plantas al momento de corte (como porcentaje del peso seco)..... | 40 |
| 15. Rendimiento y contenido de materia seca de los cultivos de maíz y sorgo <i>bmr</i> al momento de ensilar..... | 41 |
| 16. Composición química de los ensilados y parámetros de conservación..... | 41 |
| 17. Digestibilidad de la materia seca a 105 °C (DMS), materia orgánica (DMO), fibra detergente neutro (DFDN) y energía (DE)..... | 42 |
| 18. Ingestibilidad de la materia seca a 105 °C (CMS), materia orgánica (CMO) y fibra detergente neutro (CFDN) en gramos por peso metabólico..... | 43 |
| 19. Digestibilidad <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> de la materia seca... | 43 |
| 20. Energía metabolizable (EM) y energía neta de lactación (EN _l) expresadas en MCal/ Kg MS..... | 45 |

Figura No.

| | |
|--|----|
| 1. Rendimiento (Kg MS/ há) del maíz Blanco Cangüé en las Evaluaciones Nacionales de Cultivares..... | 10 |
| 2. Composición química del maíz Blanco Cangüé en las Evaluaciones Nacionales de Cultivares..... | 14 |
| 3. Diseño experimental..... | 23 |
| 4. Datos climáticos de la Estación Meteorológica de la cátedra de Agrometeorología, Facultad de Agronomía (Sayago)..... | 33 |
| 5. Composición morfológica según tratamiento..... | 36 |
| 6. Correlación y regresión lineal entre la digestibilidad <i>in vitro</i> determinada a 24 y 48 horas y la digestibilidad <i>in vivo</i> | 44 |

1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales de mayor importancia económica y social, ya que constituye la base alimenticia de la población mundial. En el año 2010 se produjeron más de 844 millones de toneladas de maíz en el mundo, superando al trigo y al arroz y siendo, por tanto, el cereal con mayor volumen de producción. En América Latina ha sido el sustento alimenticio por miles de años, pero en virtud de su versatilidad de uso, tanto para la industria como para la producción agropecuaria, es cultivado en un amplio rango de condiciones en todo el mundo (FAO, 2012).

Tiene, además, un reconocido valor para la alimentación animal. La utilización del maíz se ha incrementado mucho en las últimas décadas, principalmente gracias a sus buenas características de valor nutritivo y calidad para ensilado. En consecuencia, se han dirigido esfuerzos a una búsqueda de cultivares adaptados a este propósito (Medina et al., 2001). En Uruguay es uno de los cultivos más ampliamente difundidos, donde el uso de reservas forrajeras como estrategia para compensar la estacionalidad de las pasturas ha tenido un importante incremento en los establecimientos lecheros (Borucki, 1995).

Entre la enorme variedad de tipos de maíz existentes se encuentran aquellos de color de grano blanco y textura dentada, donde se ubica el maíz Blanco Cangüé, el cual es una variedad de polinización abierta (VPA) desarrollada a partir de germoplasma local por el grupo de Fitotecnia de la Facultad de Agronomía uruguaya. Este maíz es, por tanto, una variedad muy bien adaptada a las condiciones de cultivo locales y su principal uso es el forrajero, ya sea con destino a ensilados o pastoreo directo, destacándose además su buen nivel de producción de materia seca.

El presente trabajo tiene como objetivos reunir la bibliografía generada hasta el momento sobre el maíz Blanco Cangüé, estudiar aspectos de su manejo y evaluar la calidad de su ensilado. En tal sentido se estudiará el efecto de la fecha y densidad de siembra sobre el rendimiento y la calidad del forraje y se determinará la ingestibilidad, energía neta de lactación y la digestibilidad *in vivo* del mismo. Además se evaluará qué método de obtención de la digestibilidad *in vitro* ajusta mejor para el material.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA DEL MAÍZ BLANCO

Las culturas precolombinas que habitaban América Central domesticaron el maíz en el sur de México probablemente a partir del teosinte o algún maíz silvestre estrechamente ligado con éste (Wilkes, 2004). Las más antiguas civilizaciones americanas, desde los Olmecas y Teotihuacanes hasta los Incas y Quechuas florecieron acompañadas por esta planta. Según la FAO (1997), es cultivado por el hombre desde hace 6.000 a 10.000 años. Desde entonces forma parte fundamental de la alimentación humana, directa o indirectamente.

El cultivo fue introducido en el Cono Sur antes de la colonización europea, desarrollando una gran variabilidad genética. Por su parte, el grupo de maíz de los blancos dentados tiene un origen diferente al resto de los grupos y proviene de introducciones hechas desde el sur de Estados Unidos de América hacia fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX (Paterniani y Goodman, 1977). El maíz blanco se convirtió también en un importante alimento básico para la población del este y el sur de África entre los años 1920 y 1930. Sin embargo el maíz destinado a alimentar a los animales triplica el maíz usado para el consumo humano directo (FAO, 1997).

Actualmente se producen a nivel mundial alrededor de 850 millones de toneladas de maíz al año. Se estima que la producción mundial de maíz blanco es de 65 a 70 millones de toneladas (FAO, 2012). Si bien la producción de maíz blanco representa menos del 10% del total de maíz producido, éste se utiliza fundamentalmente para consumo humano y tiene una enorme trascendencia para la nutrición y seguridad alimentaria de los países en desarrollo, especialmente en África.

A nivel nacional, el cultivo de maíz posee una larga tradición desde el comienzo del período colonial (Berro, 1914). La variedad Blanco Cangüé en particular tiene una historia que se comienza a forjar durante los meses de marzo a junio de 1978, en los que se realizó una colecta de 859 poblaciones de maíz en tres regiones del Uruguay (litoral, noreste y sur). El trabajo formó parte de un proyecto de investigación entre el International Board of Plant Genetic and Resources (I.B.P.G.R.) y la Facultad de Agronomía, a cargo de José L. De León. Dicho proyecto se enmarcó en el programa “Colección, Conservación y Evaluación de Germoplasma de Maíz en la Región Oriental de América del Sur”, en cinco países: Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay. Las

poblaciones se recolectaron en predios de agricultores durante o inmediatamente después de la cosecha y constaron en materiales que fueron cultivados por los agricultores durante años (De María et al., 1979).

Ochocientas cincuenta y dos de las accesiones colectadas fueron caracterizadas y clasificadas racialmente en 1979 en la tesis de De María et al. Se registraron 17 variables morfológicas y agronómicas de tipo cuantitativo (anexo 1). De esta manera se logró una clasificación taxonómica en razas, de las cuales la Raza Blanco dentado abarcaba 90 accesiones. La separación en grupos se llevó a cabo por el método de análisis de conglomerados, que consiste en agrupar elementos en conglomerados, o clusters, tales que las diferencias entre los elementos que forman parte de un conglomerado sean mínimas, y las diferencias entre los conglomerados sean máximas. Para ello se utilizó el programa Wishart con los métodos de Ward, vecino más cercano y vecino más lejano para el cálculo de las distancias (De María et al., 1979).

Con el objetivo de obtener una variedad para uso forrajero exitosa, el grupo de Fitotecnia de la Facultad de Agronomía formó en 1981 un compuesto racial el cual, luego de ser evaluado y homogeneizado, fue entregado a productores, quienes lo conservaron y multiplicaron. Luego de haber estado durante 5 años en poder de los agricultores, en 1987, los materiales descendientes del compuesto racial original entran al programa de mejoramiento de la Facultad de Agronomía. De allí, por medio de la selección masal y masal estratificada, y seleccionando por características agronómicas de rendimiento y calidad de espiga, se lograría el Maíz Blanco Cangüé.

En 1996 la variedad se presenta por primera vez en el Programa Nacional de Evaluación de Cultivares (llevado adelante por convenio entre el Instituto Nacional de Semillas – INASE – y el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria – INIA –). Desde su ingreso la variedad pasó por 11 evaluaciones en 8 años hasta la temporada 2011/ 2012 (INASE e INIA, 2012).

Entre los años 1999 y 2002, se le realizaron en el CRS de la Facultad de Agronomía, otros estudios al material en cuanto a su calidad nutricional tanto para pastoreo directo como para ensilaje.

En el 2007 el maíz Blanco Cangüé se registró en el INASE, siendo hasta el momento el único cultivar mejorado a partir de germoplasma local. La primera categoría de semilla Fundación fue cosechada en 2008.

En el año 2010 se cosecharon entre 20 y 30 tt de grano de maíz Blanco Cangüé sembrado por la Facultad de Agronomía en campos experimentales del Servicio Seroterápico del Instituto de Higiene de la Facultad de Medicina, en el

departamento de Canelones, los cuales se vendieron en su totalidad a productores en un acuerdo con cooperativas lecheras.

Los cambios en las formas de producción en la agricultura y la introducción de materiales modernos (híbridos y transgénicos) han sido señalados como una amenaza para la diversidad genética de las variedades locales (Tripp y Van der Heide, Pollack, citados por Vidal et al., s.f.). En tal sentido el maíz Blanco Cangüé fue presentado en 2010 como tema en una charla enmarcada por la semana mundial de la biodiversidad. Allí se destacaron a los recursos genéticos como la base de la creación de nuevos cultivares y del desarrollo de la agroindustria ya que la diversidad genética permite la obtención de cultivares adaptados a nuevas áreas agroecológicas, condiciones de cultivo o de mejor rendimiento y calidad nutritiva. En este marco se destacó el surgimiento del maíz Blanco Cangüé como alternativa para los productores.

En 2011 se presentaron datos de ensilados de maíz Blanco Cangüé confeccionados entre el año 2000 y 2005 en predios de 16 productores de San José, Canelones y Florida, Uruguay, con el objetivo de determinar los mejores modelos para estimar la energía neta de lactación en una tesis de maestría de la Facultad de Agronomía (Larghero, 2011).

Actualmente se trabaja en el estudio de la diversidad existente, selección de nuevos materiales y desarrollo del cultivar. Se trabaja con las líneas mejoradas del maíz Blanco Cangüé, la CRS 05 y CRS 051 y se busca un material de mejor calidad de forraje y menor vuelco de plantas.

2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CULTIVO DE MAÍZ Y SORGO Y SU SITUACIÓN EN URUGUAY

El maíz y el sorgo son especies anuales estivales que pertenecen a la familia de las poaceas. Presentan, además, una amplia adaptación a diferentes condiciones de ambiente, por lo que se cultivan en casi todo el mundo. El maíz es una especie diploide con un juego básico de 10 cromosomas. Es a su vez alógama, por lo que su tipo de reproducción es sexual y cruzada. Al ser monoica y diclina, posee flores masculinas y femeninas en partes separadas de la misma planta.

El ciclo fenológico del cultivo puede dividirse en dos grandes etapas, la vegetativa y la reproductiva. La primera es dividida en fases según el número de hojas expandidas hasta el panojamiento, y la segunda es dividida en seis fases desde la emergencia de los estilos y estigmas florales hasta el estado de madurez fisiológica de los granos. La duración del ciclo total depende del

cultivar, época de siembra, riego, fertilidad y humedad del suelo, pero generalmente comprende entre 130 a 140 días (EMBRAPA, 2005).

Por ser también una planta de origen tropical, el sorgo requiere una temperatura mínima del suelo de 18 °C para su germinación y crecimiento, UDELAR (URUGUAY). FA (2004). Para el caso de maíz, la máxima expresión de su potencial productivo se da a una temperatura de entre 24 y 30 °C y radiación solar adecuada, ya que los excesos van en detrimento del rendimiento, debido a que esta variable se asocia positivamente con el déficit hídrico (EMBRAPA, 2005). En condiciones de alta radiación solar combinadas con altas temperaturas, la fotosíntesis del estrato superior de las hojas cesa por el fenómeno de fotoinhibición (Fassio et al., 1998). Es de importancia destacar además que, según estudios de Medina et al. (2001) sobre la adaptación de cultivares de maíz para silo a las condiciones de Uruguay, la disponibilidad hídrica es fundamental en la determinación del rendimiento del cultivo en el período previo a floración hasta el momento de cosecha. El déficit hídrico puede, además, disminuir la fotosíntesis, la funcionalidad de las barbas y provocar aborto de granos (Fassio et al., 1998).

En lo que respecta a la semilla, el grano maduro de maíz está integrado por distintos tejidos que conforman: el germen o embrión (12 %), responsable de formar una futura nueva planta; el endosperma (82 %), estructura de almacenamiento del grano que constituye su principal reserva energética; y el pericarpio o cubierta del grano (5 %), que protege a la semilla de la entrada de hongos y bacterias antes y después de la siembra. El tamaño del embrión y del endosperma hacen posible la emergencia de la planta a profundidades mayores a las de otros cultivos, incluso a 10 cm. El restante 1 % corresponde a los restos del pedicelo en la base del grano (INTA, 2006). El grano es esencialmente energético (83% de carbohidratos), siendo el almidón su principal componente. El tenor de proteína generalmente se ubica entre 9 y 11%, siendo deficiente en los aminoácidos lisina y triptófano (EMBRAPA, 2005).

En Uruguay el impacto social del maíz es significativo debido al área sembrada, número de productores y el amplio abanico de opciones de uso que presenta el cultivo. Maíz y sorgo con destino de grano son instalados en el área típicamente agrícola del país (litoral oeste y suroeste). El destino de estos cereales en un 95% es la alimentación animal, donde el principal rubro demandante es la industria avícola, tanto sea para la producción de carne como para la de huevos. Sin embargo estos cultivos se desarrollan también en otras partes del país para apoyar la producción de carne vacuna, suina y de leche, dada su gran versatilidad de uso como alimento forrajero para el ganado (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2011).

Por otra parte, la conservación de forrajes en forma de ensilaje es una forma muy difundida en los sistemas de producción animal. El maíz es, dentro de las especies destinadas a conservación, la más difundida dado sus buenas características de valor nutritivo y cualidades al ser ensilado (Cozzolino y Fassio, 1995). El maíz para silo se destina básicamente a alimentar ganado vacuno. El uso de ensilajes de planta entera de maíz o sorgo forma parte importante de la alimentación de vacas lecheras en el país, fundamentalmente en el período otoño – invernal. Cuando las pasturas no son suficientes para satisfacer las necesidades de los animales es necesaria la suplementación de la dieta, y parte de esta suplementación la brindan las reservas forrajeras. Los cultivares empleados son fundamentalmente híbridos de maíz y de *Sorghum bicolor*, ya sea forrajero o dulce. Si bien en algunos casos los ensilados de sorgo eran elegidos por su estabilidad productiva, bajos costos de instalación, rusticidad y capacidad de macollaje, su calidad de ensilado ha sido en general menor a la de los ensilados de maíz debido a sus limitantes en cuanto a digestibilidad de la fibra y alto contenido de lignina. La mejora de cultivares de sorgo mediante la inclusión del gen *bmr* (brown midrib rib) ha buscado levantar esas limitantes. Los sorgos *bmr* presentan una pigmentación marrón – rojiza en la nervadura central de la hoja y médula del tallo, asociada con los tejidos menos lignificados a partir del estado de 5 hojas expandidas.

Según el Anuario OPYPA 2011 (URUGUAY. MGAP. OPYPA, 2011) la cosecha de maíz para grano obtenida en la zafra 2010/ 2011 fue un 45% inferior a la de la zafra anterior, en la que se alcanzó un récord histórico de 529.000 tt. La menor cosecha se debió a un menor rendimiento, el cual fue ocasionado por el déficit hídrico generado por el fenómeno de La Niña y a una menor área sembrada (81.000 hás contra las 96.000 hás sembradas en 2009).

Pero en la temporada 2011/ 2012 el maíz consolida la tendencia creciente en área sembrada que se inicia en la zafra de 2006/ 2007 y registra la mayor siembra de los últimos diez años en el país con 128.600 hás. Debe tenerse presente, sin embargo, que la campaña de 2011/ 2012 se desarrolló en un marco de déficit hídrico. Esto puede determinar que parte del área del cultivo haya cambiado de destino y se haya ensilado y que al final de la zafra la superficie destinada a cosecha de grano seco sea en definitiva menor a la estimada (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2012). Por ello, si bien en Uruguay el cultivo de maíz para silo se realiza casi totalmente con semillas híbridas comerciales, en la práctica los cultivos para silo no se hacen exclusivamente con las semillas que figuran bajo el rubro “maíz para silo”, ya que parte del ensilado puede provenir de un maíz sembrado inicialmente con intención de producción de grano.

En los cultivares destinados a ensilaje de planta entera se busca un buen aporte de material vegetal (rendimiento) y buena calidad del mismo. Según Pazos (2008) se puede aceptar que, en el país, el maíz para silo representa un 40% del total del plantado. Así, de la mano del crecimiento del área total de maíz sembrada, la superficie sembrada con maíz para silo estaría creciendo año a año según se infiere a partir de datos publicados por el anuario estadístico de URUGUAY. MGAP. DIEA (2011). La razón de este crecimiento está dada por el hecho de que la producción de carne vacuna y la lechería atraviesan procesos de intensificación desde fines de la década de los 90, y es cada vez más común y necesaria la suplementación alimenticia del ganado.

En lo que respecta al sorgo, se puede decir que éste es uno de los cereales que mejor soporta las sequías y posee un gran número de variedades. Si bien la producción de grano obtenida con respecto a la zafra anterior fue un 11% menor (123.433 tt), el rendimiento obtenido fue similar, lo que indica que la explicación está dada por la menor superficie sembrada con destino a grano seco. Al igual que el caso de maíz, según URUGUAY. MGAP. DIEA (2012) el área sembrada fue récord en los últimos 10 años. Pero en el caso de estos cultivos también es común que se cambie el destino inicial y se coseche de manera anticipada para producir grano “húmedo” cuando las condiciones climáticas son adversas. Esta modalidad permite a los productores almacenar el grano en bolsas tipo “silobag” para ser utilizado como complemento de las pasturas para la alimentación animal (URUGUAY. MGAP. OPYPA, 2011).

Más allá de las evaluaciones y estudios que se mencionan más adelante, debe considerarse que actualmente en Uruguay la producción pecuaria experimenta un proceso de intensificación en un marco de reducción del área disponible para estas actividades como consecuencia de la expansión de los cultivos de secano (cereales y oleaginosos) y de la forestación. Y, además, la producción ganadera presenta cierto dinamismo en lo que concierne a la producción en base al encierro a corral (o feedlot) en fases de engorde. Por lo tanto, la menor área disponible para las pasturas destinadas a la producción animal debe ser compensada por algún tipo de suplementación, la cual en gran medida es satisfecha por el maíz.

Por otra parte y según estadísticas del INASE (2011a), en el año 2011 se importaron 3.532 tt de semilla de maíz al Uruguay por un monto de USD 17,9 millones. Vale la pena destacar que en un gran porcentaje la semilla de maíz sembrada en Uruguay es híbrida, y los costos de mantención (entre los que figuran las líneas padres endocriadas, entre otras cosas) son mayores a los costos de mantener una VPA. Debido a esto la semilla de una variedad de libre cruzamiento, como lo es la del maíz Blanco Cangüé, representa una alternativa mucho más económica para los productores.

2.3 PARTICULARIDADES DEL MAÍZ BLANCO CANGÜÉ

2.3.1 Descripción

Según los resultados de la última evaluación nacional de cultivares a la que se envió la variedad, la duración del ciclo hasta el momento de floración es de 76 días y la altura promedio de las plantas de 200 cm (INASE e INIA, 2012). Su resistencia al vuelco y enfermedades es regular. Presenta, además, buena digestibilidad total y fibra de alta calidad, UDELAR (URUGUAY). FA (s.f.), aspectos que serán detallados en el punto de parámetros de calidad del ensilado de maíz y sorgo.

Forma parte de la raza de maíces con tipo de grano Blanco Dentado. Según la FAO (1997) desde el punto de vista biológico y genético, el maíz blanco es muy similar al amarillo aunque hay una diferencia en la apariencia a causa de la ausencia de los pigmentos de aceite de carotina que originan el color de grano amarillo. Y si bien el maíz amarillo contiene vitamina A, la cual está ausente en el maíz blanco, las condiciones de producción y los métodos de cultivo son similares.

Debido a la ausencia de pigmento en el grano blanco, el amarillo le aventaja en darle a la carne de las aves, la grasa animal y la yema de huevo el color amarillo apreciado por los consumidores de muchos países (FAO, 1997). Sin embargo, en cuanto a rendimiento, este no tiene genéticamente ninguna correlación con el color del grano.

En cuanto a la textura dentada del grano, la misma corresponde a que el endosperma posee mayor nivel de almidón blando que los tipos duros, y el almidón duro está limitado a los lados del grano. Por este motivo cuando el grano pierde humedad se produce una hendidura en el centro, dando un aspecto de diente, UDELAR (URUGUAY). FA (2001).

Otras características presentadas en 2007 en la descripción varietal para su registro en el INASE son: la ausencia de pigmentación antocianica del coleoptile, el desarrollo de 1,1 espigas por tallo a una altura media de inserción con un porte (a cosecha) oblicuo y forma cilíndrica con longitud de entre 10 y 20 cm, el nulo macollaje (a excepción de desarrollo bajo condiciones de stress hídrico), pubescencia media de lámina y vaina, y ondulación marginal débil o ausente.

2.3.2 Evaluaciones, rendimiento y adaptación

El maíz Blanco Cangüé se ha destacado desde sus primeras evaluaciones por su capacidad de producción de materia seca y grano. Estudios realizados por Padrón y Lust (1986) ya destacaban las bondades en ese sentido de los materiales antecesores al Blanco Cangüé. El mismo presentó, además, una buena adaptación general a las condiciones locales de producción de ensilado, según el rendimiento de materia seca evaluado por estudios del INIA (Medina et al., 2001).

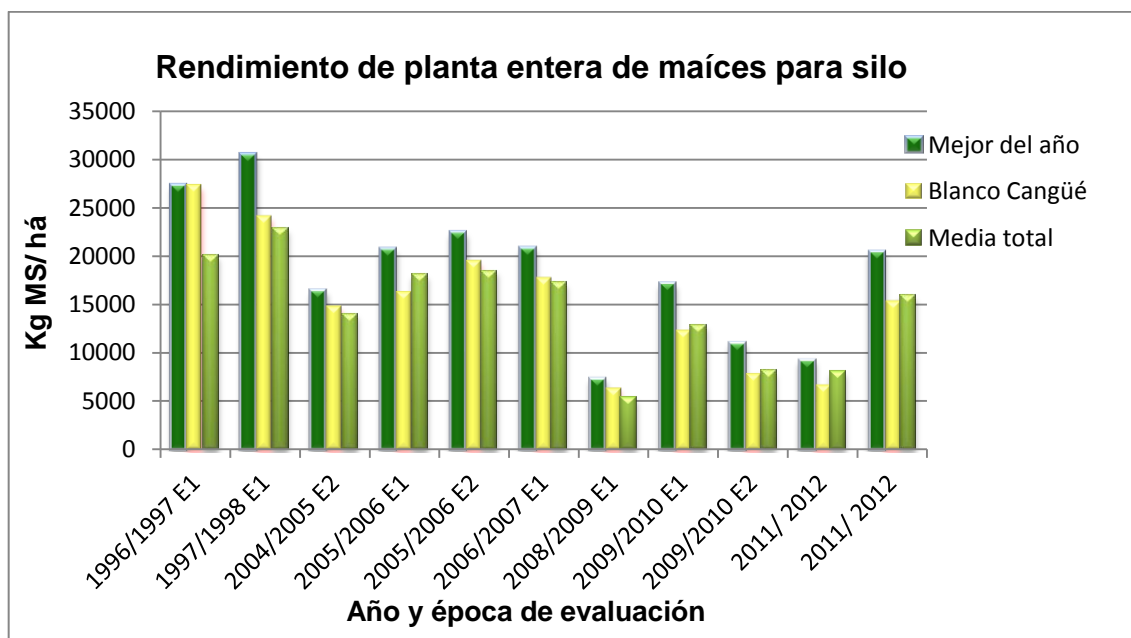
En otra evaluación, enmarcada en el Proyecto Latinoamericano de Maíz (LAMP), las accesiones de maíces blancos se destacaron por su capacidad de producción de forraje en condiciones de sequía (Ozer Ami et al., 1995).

Además, la variedad fue enviada a la Evaluación Nacional de Cultivares, donde se evaluó en las zafras 1996/1997, 1997/1998, 2004/2005, 2005/2006 (en dos épocas de siembra), 2006/2007, 2008/2009, 2009/2010 (en dos épocas de siembra) y 2011/ 2012 (en dos épocas de siembra). Todas las evaluaciones fueron instaladas en predios de INIA La Estanzuela, en Colonia, Uruguay.

Las características agronómicas evaluadas en la última participación del maíz Blanco Cangüé en estas evaluaciones fueron los días a emergencia, días a floración desde la emergencia (a 50% de panojas en antesis), altura de plantas y de inserción de espigas, rendimiento de la materia seca de la planta entera y análisis de calidad de la composición del forraje. En algunos de los años previos también se evaluó la digestibilidad de la materia orgánica, la susceptibilidad al vuelco y quebrado, la proporción de espiga y la situación sanitaria de las plantas en cuanto a porcentaje del área foliar afectado por roya (*Puccinia sorghi*) y tizón bacteriano (*Exserohilum turcicum*).

En la figura 1 se presenta un resumen del rendimiento de materia seca del maíz Blanco Cangüé en la Evaluación Nacional de Cultivares comparado con el mejor de los maíces para silo y la media de los maíces en la evaluación. Si bien algunos años fueron favorecidos por las buenas condiciones ambientales, como el período de 1996 a 1998, otras zafras, como las de 2004/ 2005 y 2008/ 2009 fueron años particularmente problemáticos que afectaron negativamente la performance de los ensayos. En estos años la diferencia es menor entre el Blanco Cangüé y el mejor del año, y a su vez, la superioridad con respecto a la media es mayor (ver anexo 2).

Figura 1: Rendimiento (Kg MS/ há) del maíz Blanco Cangüé en las Evaluaciones Nacionales de Cultivares.



Fuente: elaboración propia en base a datos de INASE e INIA (1997, 1998, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2011b, 2012). Nota: E1, Época 1; E2, Época 2.

Desde la primera evaluación en 1996 se aprecia el excelente rendimiento de la variedad, donde logra el primer lugar en el ranking con una producción % 36 superior a la media. Entre 36 cultivares evaluados también fue el que registró mayor altura de plantas y de inserción de espigas y su proporción de espigas fue superior a la media. Vale destacar también que en esa zafra no hubo inconvenientes en cuanto al agua disponible para los cultivos ya que las precipitaciones registradas hicieron que, al menos en los meses de setiembre a febrero (donde transcurrieron los cultivos) el déficit real de agua fuera menor al promedio histórico de los últimos 30 años registrados hasta el momento según el estudio agroclimático de INIA (INASE e INIA, 1997).

En el verano de la zafra 1997/ 1998, y principalmente en los meses claves en la determinación del rendimiento de los cultivos de maíz, el déficit real también fue menor al promedio histórico, y las precipitaciones no se mencionan como limitantes. En el análisis conjunto de sus primeros dos años de evaluación se ubicó en segundo lugar en el ranking sobre 23 cultivares en cuanto a rendimiento, sin haber diferencias estadísticamente significativas entre los primeros 8 cultivares evaluados. Dentro de los cuatro materiales que eran variedades de polinización abierta se colocó en primer lugar.

En el período de 2004 sólo se evaluó la segunda época de siembra. Durante los períodos de evaluación de 2005, 2009 y 2012, sí se evaluaron cultivares de maíz para silo en dos épocas. En el apartado de efecto de la fecha de siembra y densidad sobre el rendimiento y la calidad del ensilado se discutirán estos antecedentes.

La susceptibilidad al vuelco y quebrado se comenzó a evaluar en el período de 2004, donde el Blanco Cangüé obtuvo el porcentaje más alto en las dos variables, aspecto negativo debido a la altura que tiene la variedad, y sobre todo, la altura de inserción de espiga. Desde entonces ha sido uno de los cultivares con mayor altura de planta y de inserción de espiga (primer lugar en el ranking en los períodos de 2004, 2005, 2009 y 2012 para altura de planta).

En once años de evaluación el maíz Blanco Cangüé logró un promedio de producción de más de 15.300 Kg Ms/ há. Se debe destacar además que su producción estuvo por encima del promedio de los otros maíces evaluados para silo en seis de esos años y que su rendimiento en la temporada 2008/ 2009, la cual fue notablemente afectada por sequía, lo distinguió entre los tres mejores materiales.

Lo antedicho se resignifica en estudios de la variedad desarrollados por Barreto y Del Puerto (2001), donde el rendimiento obtenido fue 8.761 Kg MS/ há durante la zafra de 1999/ 2000, en la cual se registró un importante déficit hídrico y se cubrió tan solo el 42% de los requerimientos de agua.

De esta manera se destaca el muy buen comportamiento del Blanco Cangüé frente a la sequía. La buena adaptación del cultivar en términos de rendimiento se debe a que fue mejorado en condiciones de producción locales y a que para su selección se utilizaron variedades locales.

2.4 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL ENSILADO DE MAÍZ Y SORGO

La calidad del maíz para ensilaje está estrechamente relacionada con la concentración de lignina, la digestibilidad de la pared celular de las plantas (medidas por la fracción “fibra detergente neutro”, FDN) y con el contenido de grano al momento de ensilar (Fisher y Burns, citados por Cozzolino y Fassio, 1995). La lignina está negativamente relacionada con la digestibilidad y el consumo. Está reportada como la principal limitante para la digestibilidad de la pared celular por ser prácticamente indigestible (Van Soest, 1967) y limitar la degradabilidad de los otros compuestos no solubles de la pared celular y parte de la proteína.

La utilización de materiales de sorgos *bmr* busca levantar las limitantes ocasionadas por la lignina. Si bien la inclusión de genes *bmr* 6 y 12 en sorgo ocasiona un impacto negativo sobre las características de comportamiento agronómico, aumenta la digestibilidad de la fibra detergente neutro (Oliver et al., 2005).

En un ensayo realizado por Astigarraga, citado por UDELAR (URUGUAY). FA (s.f.), se evaluó la calidad del maíz Blanco Cangüé para pastoreo directo con capones. El cultivo fue pastoreado a 107 días de crecimiento, habiendo sido sembrado el 20 de octubre de 1999. El rendimiento al momento de cosecha fue estimado en 5.050 Kg Ms/ há y se cortó a una altura de 1,8 m con una relación hoja/ tallo de 40/ 60. Presentó un contenido de proteína inferior y un contenido de fibra (FDN) algo mayor comparado con un sorgo forrajero, pero la digestibilidad de la materia seca y la fibra fueron mayores, como se puede apreciar en el cuadro 1.

Cuadro 1: Composición química, digestibilidad y valor energético del maíz Blanco Cangüé para pastoreo en comparación a un sorgo forrajero.

| | Maíz Blanco Cangüé | Sorgo SX121 |
|---|-----------------------|----------------|
| Materia seca (%) | 20,5 | 22,1 |
| Proteína Cruda (% MS) | 11,7 | 15,4 |
| Fibra detergente neutra (% MS) | 62,3 | 60,4 |
| Fibra detergente ácida (% MS) | 33,1 | 39,1 |
| Lignina detergente ácida (% MS) | 5,1 | 3,1 |
| Digestibilidad MS (%) | 67 | 64,2 |
| Digestibilidad de la fibra (FDN, %) | 61,8 | 58 |
| Energía neta de lactación (MCal/ Kg MS) | 1,49 | 1,26 |

Como se puede observar en el cuadro 1, si bien el Blanco Cangüé tuvo mayor contenido de fibra detergente neutro que el sorgo, la misma fue de mayor calidad, debido a su mayor digestibilidad. Además se destaca su mayor aporte de energía neta de lactación.

La variedad también vio resaltado su valor en el trabajo de Barreto y Del Puerto (2001), en donde se midieron características de morfología, composición química, consumo y digestibilidad, tanto para ensilar como para pastoreo directo.

Más adelante Masinchuck (2002) estudió la producción de leche en vacas de lactancia media, donde la alimentación consistió en pastura, ración y ensilaje de maíz Blanco Cangüé o de sorgo. Los resultados obtenidos mostraron que las vacas alimentadas con ensilaje de maíz Blanco Cangüé produjeron la misma cantidad de leche que las alimentadas con ensilaje de sorgo, pero con un consumo total menor. Se concluyó que la eficiencia de conversión fue mayor con el maíz Blanco Cangüé (10% más de leche/ kg MS consumida) debido a su mayor contenido de energía como se aprecia en el cuadro 2.

Cuadro 2: Producción y composición de la leche de vacas con dietas con ensilaje de maíz Blanco Cangüé ó sorgo.

| | Ensilado | |
|--|---------------------------|--------------|
| | Maíz Blanco Cangüé | Sorgo |
| Materia seca (%) | 22 | 25 |
| Proteína cruda (% MS) | 7,7 | 8,5 |
| Digestibilidad Materia Seca (%) | 65,6 | 59 |
| Energía Neta de Lactación (Mcal/ Kg MS) | 1,31 | 1,16 |
| Alimentos consumidos (Kg MS/ vaca/ día) | | |
| Ensilado | 5,5 | 5,5 |
| Pradera | 4 | 5,5 |
| Ración | 5,6 | 5,6 |
| Consumo total | 15,1 | 16,4 |
| Producción | | |
| Producción (litros/ vaca) | 18,7 | 18,6 |
| Grasa (%) | 3,61 | 3,63 |
| Proteína (%) | 3,2 | 3,11 |
| Eficiencia (litros/ kg MS) | 1,2 | 1,1 |

Fuente: Masinchuck (2002).

En el cuadro 3 se presenta un resumen de datos no publicados recopilados por Bianco de composición química de muestras de ensilados realizados por productores que sembraron el maíz Blanco Cangüé.

Son destacables las diferencias en los valores de FDN y FDA (fibra detergente ácido) en las dos últimas evaluaciones del 2011, ya que son mucho más bajas que el resto, lo cual se explica, según el recopilador, por una mayor concentración en el contenido de grano en la planta.

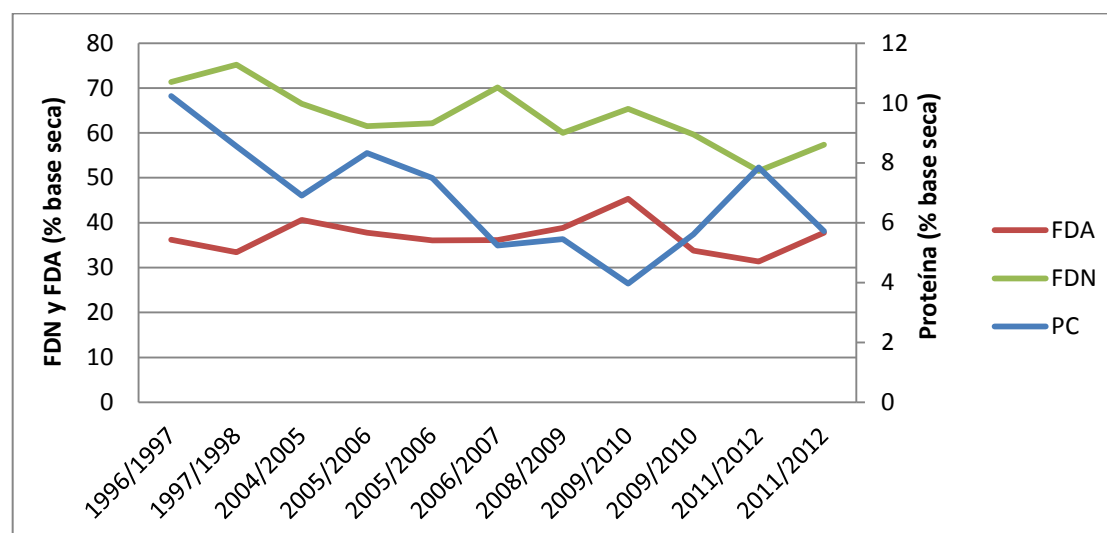
Cuadro 3: Evaluaciones de ensilados de maíz Blanco Cangüé.

| Año | %MS | %MO | %FDN | %FDA | %LDA | PC | pH | NIDA (%MS) | NIDA (%NT) | EN _i (NRC 2001) |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|----------------------------|
| 2001 | 22.0 | 92.2 | 65.8 | 38.6 | 2.23 | 7.70 | 4.00 | - | - | 1.23 |
| 2002 | 23.3 | 92.9 | 65.4 | 37.5 | 3.73 | 7.50 | 4.27 | - | - | 1.31 |
| 2011 | 25.7 | 94.2 | 60.1 | 30.4 | 1.33 | 6.14 | 4.13 | 0.72 | 11.73 | 1.34 |
| 2011 | 26.5 | 93.4 | 63.2 | 34.5 | 1.52 | 6.81 | 4.32 | 0.83 | 12.19 | 1.29 |
| 2011 | 36.9 | 93.8 | 46.6 | 24.7 | 0.97 | 7.07 | 4.29 | 0.67 | 9.48 | 1.43 |
| 2011 | 31.6 | 94.0 | 47.6 | 25.8 | 1.91 | 8.07 | 4.25 | 1.01 | 12.52 | 1.39 |
| Prom. | 27.7 | 93.4 | 58.1 | 31.9 | 1.9 | 7.2 | 4.2 | 0.8 | 11.5 | 1.3 |

Fuente: Bianco, A.¹

En las evaluaciones nacionales de cultivares del INASE – INIA el maíz Blanco Cangüé siempre se mostró como uno de los materiales con mayor proporción de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido. Los períodos de evaluación de 2006, 2009 y 2011 lo colocan como uno de los cultivares de mayor porcentaje de fibra detergente neutro y ácido.

Figura 2: Composición química del maíz Blanco Cangüé en las Evaluaciones Nacionales de Cultivares.



Fuente: elaboración propia en base a datos de INASE e INIA (1997, 1998, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2011b, 2011c). Nota: PC: Proteína cruda; FDA: Fibra detergente ácido; FDN: Fibra detergente neutro.

¹ Bianco, A. 2011. Evaluaciones de ensilados de maíz Blanco Cangüé (sin publicar).

Otro factor interesante en el proceso de elaboración de reservas forrajeras es el poder combinar los recursos de los que se dispone de la manera más eficiente, y para ello, se requiere también cierta planificación y una precisa estimación del aporte de energía.

La energía neta de un alimento representa la fracción de la energía bruta del mismo que puede ser utilizada por los animales para su mantenimiento corporal y propósitos productivos (Flores, 2004). Según conclusiones de Larghero (2011), quien estudió la predicción de la energía neta de lactación de ensilajes de sorgo y maíz (incluyendo la variedad Blanco Cangüé), el modelo mecanicista sumativo propuesto por el NRC (2001), NCRa y su variante, NRCb, presentaron niveles moderados de ajuste ($r = 0.62$ y 0.67). No fueron significativamente distintos entre sí, pero sí comparados con los otros métodos empíricos de predicción evaluados. Además se determinó que con un material de 28% de MS o más, el mejor ajuste es el del modelo NRCa. El NRC (2001) propone un modelo mecanicista sumativo que realiza la estimación a partir del contenido de las fracciones del alimento y la digestibilidad de cada uno de ellos, y en él están representadas más fuentes de variación que en los otros métodos y se puede aplicar a la mayoría de los alimentos.

En cuanto a la digestibilidad de un alimento, el resultado más exacto y repetible es el que se obtiene a partir de ensayos en la especie animal en la cual se va a utilizar el mismo. Por lo tanto la digestibilidad calculada a partir de estudios *in vivo* es el valor de referencia con el que comparar otros métodos de estimación de la digestibilidad, ya que además considera factores como el consumo voluntario, degradabilidad del forraje en el retículo – rúmen y la absorción de los nutrientes a través de todo el tracto gastro – intestinal (Miron et al., citados por Larghero, 2011). Pero como contracara éste método no es muy práctico como rutina de análisis a causa de las obvias limitaciones de tiempo, costo y mano de obra. Los métodos de estimación de la digestibilidad requieren el establecimiento de ecuaciones de regresión que relacionan la magnitud a estimar (variable dependiente) con el predictor o predictores (variables independientes). La precisión de estas estimaciones estará dada en función de la bondad del ajuste obtenido por el método para desarrollar la regresión y a la capacidad de aquel de predecir adecuadamente los valores de la variable dependiente. El coeficiente de correlación r o el coeficiente de determinación R^2 son índices de la bondad del ajuste (Flores, 2004).

Di Marco et al. (2009) encontraron que el método más eficiente para estimar la digestibilidad *in vivo* era por medio de la digestibilidad *in vitro* a 24 horas cuando el contenido de materia seca era al menos 28 %. La digestibilidad *in vitro* aparente de la materia seca a las 24 horas de incubación fue la única metodología indirecta que coincidía con la correspondiente en los datos *in vivo* en todos los ensilajes que evaluaron.

2.5 EFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA Y DENSIDAD SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL ENSILADO

2.5.1 Fecha de siembra

La elección de la época de siembra es una medida de manejo que frecuentemente se ve condicionada por factores operativos, estratégicos o ambientales, como la oportunidad de laboreo, disponibilidad de insumos, servicios, lluvias y temperatura, entre otros. Pero en todo caso es una decisión que influye sobre el ciclo, rendimiento potencial y calidad del cultivo. Además, según Fassio et al. (1998), la posibilidad de predecir la fecha en la que ocurren los diferentes estados fenológicos en las distintas épocas de siembra es útil por diversas razones: permite planificar épocas de siembra adecuadas, estrategias de aplicación de agroquímicos, predecir momentos de mayor susceptibilidad ante condiciones ambientales adversas, estimar momentos de cosecha y planificar momentos de riego. Debido a lo anterior resulta importante interpretar los efectos de la variación del momento de siembra.

Los niveles de radiación, temperatura y fotoperíodo varían marcadamente a lo largo del año en el país, y ellos poseen gran influencia en los cultivos tanto de maíz como de sorgo. La variación de la época de siembra somete a los cultivos a crecer y desarrollarse bajo diferentes condiciones ambientales.

En los cultivos de verano el atraso de la fecha de siembra expone a las plantas a un crecimiento inicial bajo temperaturas más altas, lo cual provoca un acortamiento de la estación de crecimiento del cultivo, fundamentalmente debido al acortamiento del período siembra – floración (Andrade et al., 1996). El aumento de la temperatura y de la duración del fotoperíodo en las etapas tempranas del cultivo como consecuencia del retraso de la siembra acelera el cambio de estado del ápice, con lo cual las plantas pasan al estado reproductivo con un menor tamaño y, según Fassio et al. (1998), como consecuencia del aumento de la velocidad de desarrollo pueden ocurrir importantes reducciones en la cantidad de radiación incidente acumulada.

Hay un efecto relativamente compensatorio entre el mayor rendimiento que se esperaría encontrar en una fecha temprana de siembra debido a la mayor duración del ciclo y mayor crecimiento de las plantas, y el rendimiento obtenido en una fecha tardía de siembra donde, si bien el ciclo es más corto, se logra una buena arquitectura de planta más rápidamente y se aprovecha mejor la radiación incidente.

En un estudio realizado por el INIA, citado por Fassio et al. (1998), se sembraron varios cultivares de maíz en 13 épocas de siembra distintas, desde el 15 de agosto hasta el 15 de febrero, durante 3 años consecutivos entre las zafra de 1983 a 1986. Se determinó la fecha de siembra, fecha de los diferentes estados de hoja, fecha de floración masculina y velocidad de secado de grano. Los resultados expusieron que a medida que se anticipó la fecha de siembra, la duración del período siembra – emergencia, al igual que el período emergencia – floración fueron mayores. Y a medida que se atrasó la fecha de siembra hasta enero, la duración de los estados de hoja fueron menores, determinando un menor período total de crecimiento vegetativo.

Para el maíz Blanco Cangüé, a nivel nacional, un antecedente pertinente lo constituye la Evaluación Nacional de Cultivares de maíz para silo de INASE – INIA durante las temporadas 2005/ 2006 y 2009/ 2010 donde se estudiaron dos épocas de siembra distintas. Durante la zafra 2005/ 2006 se evaluaron 26 cultivares para producción de silo y en la zafra 2009/ 2010 se evaluaron 20 cultivares de maíz para silo tradicionales y 2 de maíz para silo con eventos transgénicos regulados.

El manejo de los ensayos fue muy similar entre las primeras y las segundas épocas de siembra en cuanto a laboreo, fertilización, tratamiento de semillas, control de malezas y plagas y cosecha. Todos los ensayos fueron sembrados con una densidad de 70.000 pl./ há.

Como es esperable, los días a emergencia, floración y la altura de plantas fueron menores en las fechas de siembra tardía comparados con las siembras tempranas como se puede apreciar en el cuadro 4.

En cuanto a la composición química, se puede decir que el efecto de atrasar la fecha de siembra generó plantas con menor tenor proteico pero con mayor digestibilidad de la materia orgánica en la temporada 2005/ 2006, mientras que en la temporada 2009/ 2010 el contenido de proteína y materia seca fue mayor en la segunda época de siembra, presentando menor contenido de pared celular. Por lo tanto queda claro en que en la temporada 2009/ 2010 la mejor calidad obtenida se logró con la segunda época de siembra.

Cuadro 4: Resultados del maíz Blanco Cangüé en la Evaluación Nacional de Cultivares de 2005/ 2006 y 2009/ 2010 para maíz para producción de ensilado, en relación al promedio de todos los cultivares.

| Período | 2005/06 E1 | 2005/06 E2 | 2009/10 E1 | 2009/10 E2 |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Siembra | 20/09/2005 | 02/12/2005 | 20/10/2009 | 15/12/2009 |
| Emergencia | 03/10/2005 | 12/12/2005 | 29/10/2009 | 22/12/2009 |
| Cosecha | 26/01/2006 | 21/03/2006 | 02/02/2010 | 21/04/2010 |
| Días a Floración | 86 | 69 | 74 | 71 |
| Promedio de todos los cultivares | 82 | 67 | 72 | 64 |
| Días a Cosecha | 128 | 109 | 105 | 127 |
| Altura de planta (m) | 1.66 | 1.60 | 2.53 | 1.55 |
| Promedio de todos los cultivares | 1.63 | 1.54 | 2.18 | 1.46 |
| Altura de inserción de espiga (m) | 0.64 | 0.75 | 1.78 | 0.70 |
| Promedio de todos los cultivares | 0.74 | 0.83 | 1.05 | 0.59 |
| Kg MS/ há | 16321 | 19488 | 12331 | 7912 |
| Promedio de todos los cultivares | 90 | 105 | 96 | 98 |
| Calidad del forraje | | | | |
| MS | - | - | 27.72 | 35.97 |
| Dig. <i>in vitro</i> de la materia orgánica | 65.43 | 69.16 | - | - |
| PC | 8.33 | 7.49 | 3.96 | 5.61 |
| FDA | 37.79 | 36.03 | 45.32 | 33.77 |
| FDN | 61.48 | 62.16 | 65.34 | 59.62 |
| Cenizas | 9.68 | 8.10 | 7.81 | 6.93 |

Fuente: elaboración propia en base a datos de INASE e INIA (2006, 2010).

Nota: E1, E2: época 1, época 2; Dig.: digestibilidad.

Con respecto a los rendimientos debe destacarse que en la zafra 2005/ 2006, durante los meses de octubre, noviembre y diciembre se registraron precipitaciones por debajo del promedio histórico, lo cual afectó el desarrollo de las plantas del ensayo de la primera época en etapas pre-floración. En cuanto al ensayo de la segunda época, las plantas no presentaron síntomas de estrés hídrico aún cuando las precipitaciones durante las dos primeras décadas de febrero estuvieron por debajo del promedio, según datos agroclimáticos de INASE – INIA. Esto se reflejó en un mayor rendimiento obtenido en la segunda fecha de siembra (ver rendimientos de materia seca en la figura 1).

En el período 2009 se aprecia un mayor rendimiento en la primera época de siembra. Pero este fue un año particular que afectó de manera

específica a los cultivos. Si bien no se eliminaron los ensayos en la época 2, en la misma se obtuvieron datos afectados por un elevado enmalezamiento por *Digitaria sp.* (pasto blanco). En esa zafra el nivel de competencia provocado por la maleza desfavoreció notoriamente el crecimiento y desarrollo del maíz. A su vez, debe destacarse que los rendimientos de los ensayos de la primera época fueron influenciados favorablemente por abundantes precipitaciones durante la estación de crecimiento (INASE e INIA, 2010).

De esta manera, y en cuanto a crecimiento, si bien en teoría se esperan mayores rendimientos en secano en siembras tempranas, el efecto año se manifiesta como muy influyente más allá del efecto de la fecha de siembra. Y como queda demostrado en estudios de Medina et al. (2001), en Uruguay el ambiente es una fuente de variación de gran magnitud, determinando de forma importante el rendimiento en materia seca total de los cultivos de maíz para silo.

Para el caso de sorgo, por su comportamiento frente a la disponibilidad hídrica en el rango de variación del país, la temperatura puede considerarse como el parámetro climático que determina la estación de crecimiento óptima. Bajas temperaturas nocturnas durante los primeros 30 días del ciclo retrasan el desarrollo y la diferenciación celular, permitiendo que el cultivo continúe emitiendo hojas y llegue al momento de determinar el rendimiento potencial con un mayor tamaño de planta. Pero además de los climáticos existen otros aspectos a considerar a la hora de elegir la fecha de siembra, como lo son las plagas, la preparación del suelo para el cultivo siguiente y la respuesta del material utilizado. En el sorgo las siembras lo más tempranas posibles que la temperatura de suelo permitan serían las mejores.

2.5.2 Densidad de siembra

En lo que respecta a densidad de siembra se puede decir que éste es un factor de manejo de importancia para los cultivos de maíz y sorgo en las condiciones en las que se desarrollan a nivel local. La misma es determinante de la población final del cultivo implantado (número de plantas por hectárea), la cual, a su vez, es influyente en la producción de biomasa aérea, valor nutritivo y composición morfológica y química de las plantas. Parte de lo antedicho se justifica en la medida que la producción de materia seca depende del crecimiento del cultivo, y éste resulta, en parte, del aprovechamiento de la radiación incidente (Andrade et al., 1992). Pero no sólo importa el número de plantas, sino también la uniformidad espacial en su distribución y la uniformidad de emergencia en el tiempo. Plantas que crecen muy juntas indudablemente competirán por recursos, y plantas muy alejadas dejarán sin aprovechar parte de los recursos disponibles. Las plantas con emergencia más tardía tampoco podrán competir de igual manera con las que emergieron antes.

Al utilizar bajas densidades de siembra y ser menor la población del cultivo, gran cantidad de luz llega al suelo sin ser interceptada y, por lo tanto, se desaprovecha. Esa luz inutilizada en la fotosíntesis deja un potencial de rendimiento sin alcanzar. Con una densidad óptima la radiación interceptada es más y mejor distribuida a lo largo de toda la arquitectura de la planta y llega a todos sus estratos, lo cual resulta en un mayor rendimiento y fotosíntesis total. Pero en cambio, si se utilizan densidades que exceden la respuesta positiva del cultivo, si bien se aumenta la radiación interceptada en el estrato superior, la misma no puede ser bien distribuida por la competencia que se ofrecen unas plantas con otras. Por lo tanto la luz no llegará adecuadamente a los estratos inferiores por el excesivo sombreado, lo cual se traducirá en una menor eficiencia y rendimiento.

Antelo y Mermot (1988) demostraron que existe una asociación directa entre densidad y rendimiento de grano de sorgo independientemente del efecto de otros factores de producción. Pero la respuesta del sorgo al aumento de la densidad de plantación se da en función del agua disponible para la utilización del cultivo. Dentro del rango de respuesta y sin restricciones notorias desde el punto de vista hídrico, el aumento de densidad en sorgo (más de 300.000 pl./há) conllevará a lograr rendimientos más altos.

Sin embargo está demostrado que en el caso de sorgos *bmr*, que poseen menor contenido de lignina y, por lo tanto, menos estructuras de resistencia al vuelco, las altas densidades de siembra provocan en las plantas un alargamiento de entrenudos que resulta en un tallo más delgado. Según Cota y Peregalli (2006) la consecuencia es un riesgo de vuelco mayor, por lo que estos tipos de materiales responden mejor a densidades bajas.

Está demostrado por Duran et al., citados por Barreto y Del Puerto (2001) que aumentos en la densidad de plantación resultan en incrementos en la producción de biomasa hasta un valor óptimo, y que luego de sobrepasar ese umbral, los rendimientos disminuyen, fundamentalmente por una disminución del aporte de grano en el total de materia seca producida.

Las afirmaciones anteriores son coincidentes con ensayos evaluatorios desarrollados por Barreto et al. (1991), acerca de los efectos de la población sobre el rendimiento de materia seca total de maíz para ensilado. En dicho trabajo se probaron tres densidades de siembra (baja: 50.000 pl./há, media: 70.000 pl./há y alta: 140.000 pl./há) y tres ciclos de crecimiento (corto, medio y largo). De allí se desprende que cuando las precipitaciones no fueron limitantes y el nivel de agua disponible en el suelo fue alto, los rendimientos de materia seca total por unidad de superficie fueron mayores en la densidad alta, y a su vez, de mayor respuesta en los materiales de ciclo largo. En cambio, cuando las

condiciones de humedad fueron limitantes, el efecto de la densidad alta provocó una mayor competencia entre las plantas por los recursos limitados (agua y nutrientes), siendo la densidad media la óptima según los registros. En el caso de existir una respuesta positiva en cuanto a rendimiento al aumentar la densidad de plantación, la mayor expresión de los cultivares de ciclo largo podría estar explicada según Voldeng y Blackman, citados por Barreto y Del Puerto (2001), por un mejor aprovechamiento de la energía solar en el último período de desarrollo debido a una senescencia foliar más lenta.

Barreto y Del Puerto (2001) también concluyeron que el aumento de la densidad de siembra en una temporada de déficit hídrico (1999/ 2000) fue perjudicial en cuanto a rendimiento del maíz Blanco Cangüé, fundamentalmente por disminución en la masa de tallos y espigas. Se pasó de producir 8.716 Kg MS/ há en la población menos densa (maíz para silo) a 5.049 Kg MS/ há (maíz para pastoreo, período 1) al aumentar la densidad.

Bertoia et al. (1994), en un ensayo de campo de tres años en Buenos Aires, Argentina, obtuvieron resultados de aumento de la producción de la materia seca al incrementar a 100.000 pl./ há la densidad de cultivos de maíz. Además no encontraron modificaciones en la composición morfológica de las plantas al variar la densidad. En el ensayo, y al igual que en el de Barreto y Del Puerto (2001), tampoco se registraron diferencias significativas en el porcentaje de materia seca total de la planta entera, ni en el de digestibilidad de la misma. Se concluye que, para esa población (la cual no es considerada una densidad realmente alta), no hay efecto sobre la composición morfológica ni la digestibilidad de la planta entera.

Cozzolino y Fassio (1995), presentaron datos sobre un experimento que evaluó cultivares de maíz para silo a tres poblaciones diferentes: 47.000, 71.000 y 142.000 pl./ há. El estudio se realizó en las zafras de 1989 a 1993 en la Estación Experimental de INIA La Estanzuela. Encontraron que en la medida que se aumentó la densidad de siembra se lograron rendimientos de materia seca de planta entera y de grano mayores. Cabe resaltar que los datos presentados en dicho ensayo provienen de zafras con buena disponibilidad hídrica para las plantas, ya que de otra manera, con densidades altas los autores esperarían una baja en el rendimiento. Además, en este caso, con el incremento de la densidad sí se observó variación en la composición morfológica de las plantas, aumentando sus porcentajes de hoja y tallo en detrimento del porcentaje de grano. Obtuvieron que para los cultivares de ciclo largo evaluados, y en cuanto a su composición morfológica, las densidades altas no fueron beneficiosas dado el alto porcentaje de tallo y bajo porcentaje de grano que las hojas no lograron compensar.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ENSAYO 1: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FECHA Y DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL CULTIVO

Se realizó un experimento en un predio de la Facultad de Agronomía en Sayago, Montevideo, donde se instaló un cultivo de maíz Blanco Cangüé en una superficie de 138,6 m². Se utilizó semilla calibrada y tratada con Imidacloprid, proporcionada por el CRS.

Las fechas de siembra fueron las siguientes:

- 28 de octubre de 2010
- 17 de noviembre de 2010
- 9 de diciembre de 2010

Para todas las fechas de siembra la densidad de plantación fue de 70.000 pl./ há, y para las dos fechas más tardías se utilizó, además, una densidad más alta de 120.000 pl./ há.

La preparación del suelo consistió en un laboreo primario con arado de rejas y posteriormente dos pasadas de rotocultivador.

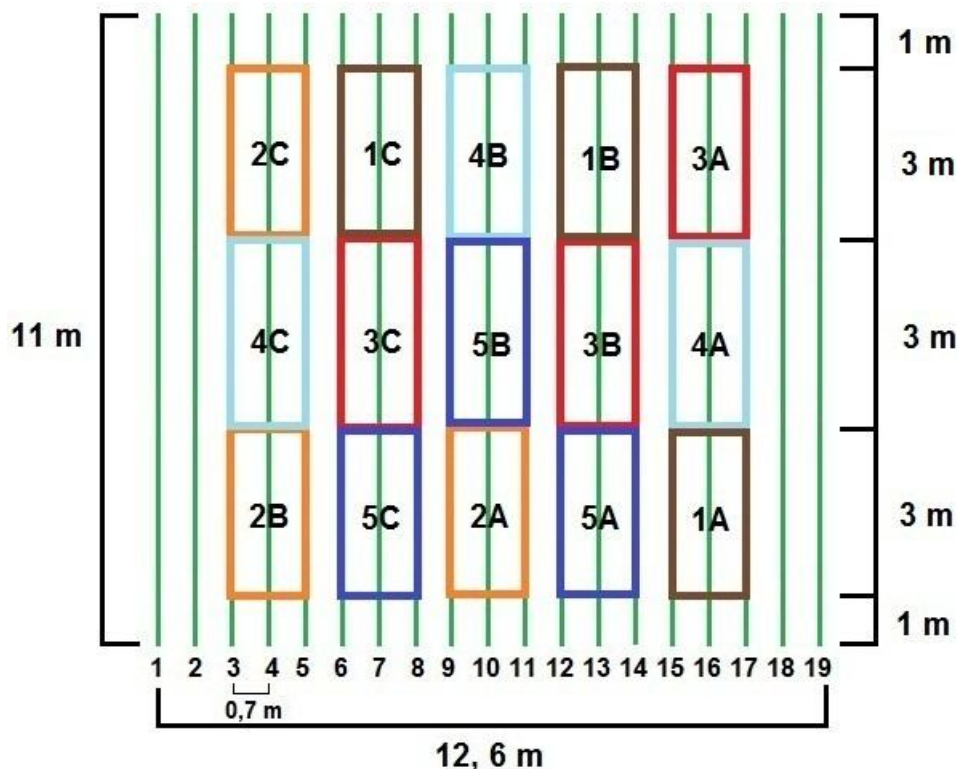
3.1.1 Diseño experimental

Con la combinación de las distintas fechas y densidades de siembra probadas se construyó un diseño experimental de parcelas al azar con 5 tratamientos y tres repeticiones como se muestra en el cuadro 5 y figura 3.

Cuadro 5: Descripción de los tratamientos.

| TRATAMIENTO | FECHA DE SIEMBRA | DENSIDAD DE PLANTACIÓN (No. plantas/ há) |
|-------------|------------------|---|
| 1 | 28 de octubre | 70.000 |
| 2 | 17 de noviembre | 70.000 |
| 3 | 17 de noviembre | 120.000 |
| 4 | 9 de diciembre | 70.000 |
| 5 | 9 de diciembre | 120.000 |

Figura 3: Diseño experimental.



3.1.2 Distribución de plantas

El marco de plantación consistió en 19 surcos a una distancia de 0,7 m entre ellos. Para las dos densidades de siembra probadas lo único que varió fue la distancia entre las plantas dentro del mismo surco, siendo 20,4 cm (4,9 pl./ metro lineal) en la densidad más baja y 11,9 cm (8,4 pl./ metro lineal) en la densidad más alta. La profundidad de siembra fue de 5 cm en todos los casos.

Como se puede apreciar en la figura 3 cada parcela estuvo constituida por tres surcos de 3 m de largo, dejando 1 m de plantación en las cabeceras del cultivo, y 2 filas de borde a cada lado.

3.1.3 Manejo de malezas, enfermedades y plagas

Previo a la siembra se aplicó Glifosato (herbicida no selectivo) en una dosis de 6 l/ há en toda la superficie a sembrar. Posteriormente a la siembra se controló el avance de malezas mediante carpidas manuales entre los surcos.

En cuanto al manejo de plagas, se constataron daños incipientes en algunas plantas por lagarta cogollera (*Spodoptera frugiperda*), una plaga perteneciente al orden Lepidóptera y la familia Noctuidae. Para su control fue necesaria la aplicación de insecticida. El principio activo utilizado fue el Spinosad factores A y D (insecticida natural), el cual posee una alta selectividad y efectividad, y se aplicó el 14 de enero de 2011 con una dosis de 1 ml de producto en 5 l de caldo (70 ml de producto activo/ há).

En lo referente a la lectura de enfermedades, no se registró ninguna con incidencia y severidad de consideración siendo el estado sanitario general de las plantas muy bueno hasta la etapa final del ciclo, cuando se comenzó a observar plantas con síntomas de la enfermedad causada por el hongo fitopatógeno del carbón del maíz (*Ustilago* spp.). Sin embargo, considerando la etapa del ciclo en la que se encontraba el cultivo, se optó por no tomar ninguna medida de control.

3.1.4 Determinaciones

Se determinó la eficiencia de siembra de los tratamientos, el rendimiento obtenido en cada uno de ellos, el porcentaje de materia seca y la composición morfológica de las plantas.

Las variables de manejo seleccionadas para evaluar fueron la fecha de siembra y la densidad de plantación, y ambas se consideran en función la situación agroclimática registrada a lo largo del desarrollo del ensayo. En cuanto a clima se utilizan datos sobre precipitaciones y temperatura máxima, mínima y media por día durante los meses de octubre a marzo de la temporada 2010/ 2011. Estos datos fueron medidos y proporcionados por la cátedra de Agrometeorología de la Facultad de Agronomía en la Estación Meteorológica de Sayago.

Una vez instalada cada parcela del ensayo se comenzó a realizar un seguimiento del cultivo donde se evaluó su estado general y situación sanitaria mediante la observación de signos y síntomas de enfermedades y ataque de plagas, a partir de lo cual se tomaron las decisiones de control y manejo respectivas mencionadas anteriormente.

La eficiencia de siembra fue una variable utilizada en la determinación del rendimiento y se calculó mediante el siguiente procedimiento:

$$\text{Eficiencia de siembra (\%)} = \frac{\text{No. pl. a cosecha}}{\text{No. semillas sembradas}} * 100$$

$$\text{Población (No. pl./ há)} = \frac{\text{No. pl. a cosecha} * 10.000}{\text{distancia entre hileras}}$$

Al momento del corte se cosecharon todas las plantas de todos los tratamientos al presentar 50% de hojas secas en la mayoría de las plantas. La altura de corte fue de 20 cm y sus respectivas fechas fueron:

- Tratamiento 1: 1º de marzo de 2011 (duración del ciclo de 125 días).
- Tratamiento 2 y 3: 15 de marzo de 2011 (duración del ciclo de 119 días).
- Tratamiento 4 y 5: 24 de marzo de 2011 (duración del ciclo de 106 días).

Para cada planta se procesaron por separado los distintos componentes botánicos (hoja, panoja, espiga y tallo), registrándose el peso fresco de cada una de estas fracciones. Posteriormente se identificaron y seleccionaron algunas plantas de cada repetición y tratamiento para desecarlas en estufa a 60 °C durante un período de 48 horas, registrándose luego su peso seco.

Con los datos obtenidos de peso fresco y seco de cada fracción de las plantas se determinó la composición morfológica y el rendimiento de cada tratamiento de la siguiente manera.

Composición morfológica:

$$\% \text{ Fracción} = \frac{\text{Peso seco de la fracción} * 100}{\text{Peso seco de la pl. entera}}$$

Rendimiento:

Rendimiento MF (Kg/ há) = Peso medio de MF de pl. entera (Kg) * no. pl./ há.

Rendimiento MS (Kg/há) = $\frac{\text{Rto. MF (Kg/ há)} * (\%) \text{ MS media de pl. entera}}{100}$

3.1.5 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SAS 9.2 (Statistical Analysis System, 2002-2008). El test de comparación de medias fue el de la DMS (diferencia mínima significativa) y se empleó el Test de Tuckey al 5%. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza a partir del siguiente modelo estadístico.

$$Y = \mu + \alpha p + \epsilon$$

Donde: Y = característica evaluada.
 μ = promedio de la característica.
 αp = efecto del tratamiento.
 ϵ = error residual.

3.2 ENSAYO 2: EVALUACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO DEL ENSILADO

3.2.1 Alimentos a evaluar

- Ensilado de maíz.
- Ensilado de sorgo silero tipo *bmr*.
- Ensilado de sorgo dulce.

Los tres alimentos fueron producidos en el Centro Regional Sur (CRS) de la Facultad de Agronomía, en Progreso, Canelones. El maíz blanco fue cosechado y ensilado el 9 de marzo de 2010 y el 23 de marzo del mismo año se cosechó y ensiló el sorgo *bmr*. A ambos materiales se les hizo un muestreo de chacras y posterior procesado de plantas para conocer su correspondiente población, rendimiento y composición morfológica antes de ensilar. El sorgo dulce estaba ensilado desde el 20 de mayo del año 2009. Los análisis a los alimentos se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía, en Sayago, Montevideo.

El maíz utilizado fue de la variedad Blanco Cangüé (Facultad de Agronomía). Los cultivares de sorgo pertenecen a la especie *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Una de sus diferencias entre los cultivares de sorgo es que unos son variedades mientras que otros son el resultado de hibridaciones intraespecíficas de diferentes biotipos de plantas (*bicolor*, *saccharatum*, *sudanensis*).

A continuación, en el cuadro 6, se presentan descriptores para los sorgos utilizados, extraídos de la Evaluación Nacional de Cultivares de INASE – INIA del 2007, para el caso del sorgo *bmr*, y del 2011, para el caso del dulce.

Cuadro 6: Descripción de los sorgos utilizados.

| Material | Sorgo BMR 1000 | Sorgo M81 - E |
|---|-------------------------------|----------------------------|
| Variedad / híbrido | Híbrido | Variedad |
| <i>bmr</i> | Sí | No |
| Uso | Silo planta entera, granífero | Silo planta entera, etanol |
| Criadero | Semillas LEBU | Meridian University |
| Ciclo (días a floración) | 76 | 99 |
| Altura de planta (m) | 1,9 | 2,53 |
| Rendimiento (Kg MS/ há) | 13.114 | 20,188 |
| Calidad del forraje | | |
| MS | 31,37 | 41,65 |
| Dig. <i>in vitro</i> de la materia orgánica | 64,37 | - |
| PC | 5,81 | 4,78 |
| FDN | 66,81 | 48,75 |
| FDA | 42,34 | 28,71 |
| Cenizas | 9,89 | 6,36 |

Fuente: elaboración propia en base de INASE e INIA (2007, 2011c). Nota: MS, materia seca; PC, proteína cruda; FDN, fibra detergente neutro; FDA, fibra detergente ácido.

3.2.1.1 Sorgo dulce: Subespecie *Sorghum saccharatum*

El sorgo M81 – E es un sorgo dulce, variedad *saccharatum*, que participó durante 5 años en la Evaluación Nacional de Cultivares, siendo su última evaluación en el período 2010/ 2011.

Es una variedad de la empresa Drever y Lavista S.A desarrollada en Meridian University. Tiene alto contenido de azúcar soluble en tallos. El jugo de los tallos se utiliza a nivel industrial en la elaboración de etanol. Vale destacar que para la producción de etanol no interesa la panoja ni las hojas, sino los tallos, que es donde se concentran los azúcares solubles. La industria se interesa en sorgos con alta relación tallos/ biomasa aérea y alta concentración de azúcares solubles en el jugo de los tallos expresado como °Bx (grados Brix).

Según la Evaluación Nacional de Cultivares de INASE – INIA, en el período 2010, el contenido de azúcar soluble en tallo de este sorgo fue de 19,5 °Bx y la estimación de rendimiento de etanol fue de 3.334 l/ há.

3.2.1.2 Sorgo *bmr*

Se utilizó el híbrido BMR 1000, de desarrollo y propiedad de la empresa Semillas LEBU S.R.L., el cual es un sorgo tipo granífero con 2 años en la Evaluación Nacional de Cultivares del INASE – INIA. Su último año de evaluación fue en la zafra 2006/ 2007. Según el catálogo de IPB (2012) es un híbrido de ciclo largo, excelente producción de grano, alta digestibilidad, excelente resistencia a enfermedades foliares, de panojas grandes, grano marrón rojizo, y contenido medio de taninos. Además se menciona su muy buena capacidad de rebrote y relación tallo/ hoja.

3.2.2 Animales

Para la evaluación de la ingestibilidad y la digestibilidad *in vivo* de los ensilados se utilizaron 12 ovinos machos castrados de la raza Corriedale, con un peso vivo promedio de $71,6 \pm 16,9$ Kg. Todos los animales fueron mayores a 1 año y fueron seleccionados según la presentación de características lo más estándar posible y un buen estado sanitario. Los animales fueron proporcionados por la Unidad Metabólica del CRS de la Facultad de Agronomía, donde se realizaron las pruebas.

3.2.3 Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar.

3.2.4 Determinaciones

3.2.4.1 Del cultivo

Para el sorgo *bmr* y el maíz Blanco Cangüé se realizaron muestreos de los cultivos en pie con el fin de estimar el rendimiento de la materia seca, población y la composición morfológica de las plantas al momento de ensilar.

El muestreo de plantas de sorgo consistió en ingresar a los cultivos en 20 sitios aleatorios con el fin de abarcar la variabilidad existente en cuanto a suelos, topografía y demás factores. En cada sitio de muestreo se registró el número de plantas en 1 metro lineal de surco y el porcentaje de vuelco, se cortaron los tallos de las plantas de los 40 cm centrales a una altura de 20 cm y se midió la distancia promedio entre surcos.

Población:

$$\text{(pl./ há)} = \frac{\text{No. pl./ m}}{\text{distancia promedio entre surcos (m)}} * 10.000$$

Una vez colectadas las muestras se midió la altura de cada planta y su peso fresco, se separaron las fracciones tallo, hojas y panojas y fueron secadas en estufa a 60 °C durante 48 horas para la determinación del peso seco. Con los datos registrados de peso fresco y seco de las plantas se estimó el porcentaje de materia seca y el rendimiento:

$$\text{Rendimiento (Kg MF/ há)} = \text{Peso fresco medio por pl. (Kg)} * \text{No. pl./ há}$$

$$\text{Rendimiento (Kg MS/ há)} = \text{Peso seco medio por pl. (Kg)} * \text{No. pl./ há}$$

$$\% \text{ MS} = 100 - \frac{(\text{Peso fresco} - \text{Peso seco}) * 100}{\text{Peso fresco}}$$

Composición morfológica (como % de la materia seca):

$$\% \text{ Fracción} = \frac{\text{Peso de la fracción} * 100}{\text{Peso de la pl. entera}}$$

3.2.4.2 De los ensilados

En cuanto los materiales ensilados las determinaciones fueron la digestibilidad *in vivo* y los valores de ingestibilidad.

Para la evaluación de cada uno de los tres alimentos se registró el peso inicial y final de los animales, los cuales fueron confinados en jaulas de digestibilidad. Se utilizaron 6 animales por cada alimento.

El período de acostumbramiento tuvo una duración de 19 días en los ensilados sorgo (que se evaluaron primero) y de 7 días en el de maíz blanco que se evaluó posteriormente. El objetivo del acostumbramiento de los animales al cambio de alimentación fue, además del propiamente dicho, estabilizar la ingesta de los mismos de manera tal de obtener un rechazo de aproximadamente el 10% del material que se les ofrecía. Esto implica condiciones de consumo a voluntad (*ad libitum*). A los ensilajes suministrados se le agregó 2 g de urea por animal por día.

El período de mediciones tuvo una duración de 6 días, en los que se fijó una cantidad determinada de material ofrecido para cada animal. Tanto de las heces como de los rechazos por cada animal por día, se reservó una muestra de aproximadamente el 20% de la cantidad recogida para determinar el contenido de materia seca a 60 °C durante 48 horas. Con dichas submuestras, una vez secadas, se confeccionó una muestra compuesta por animal de su rechazo y heces con la cual, posteriormente, se realizó el análisis químico (ver

anexo 8 y 9). Además se reservó diariamente una muestra del material fresco ofrecido de 500 g para determinar el contenido de materia seca a 60 °C durante 48 horas. Al igual que con las submuestras de heces y rechazos, con las de material ofrecido también se confeccionó una muestra compuesta con la que se determinó el nitrógeno total (NT), pH, N-NH₃ y NIDA. Sobre la muestra seca y molida se determinó la FDN, FDA, LDA y cenizas (ver cuadro 7).

Con la información registrada se estimó la ingestibilidad y la digestibilidad *in vivo* de la materia seca, materia orgánica, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y lignina detergente ácido. El cálculo de consumo se hizo mediante la diferencia de peso registrado entre el material ofrecido y el rechazado, tanto para el material fresco como el seco. La digestibilidad *in vivo* se estimó mediante la diferencia entre la cantidad consumida y la excretada en las heces de la siguiente manera.

$$\text{Dig.} = \frac{\text{Consumo (MS o fracción química)} - \text{Heces (MS o fracción química)}}{\text{Consumo (MS o fracción química)}}$$

La determinación de la energía neta de lactación se realizó según Jarrige (1988), a partir de la digestibilidad de la materia orgánica y la de la energía bruta.

3.2.5 Análisis químico

Cuadro 7: Análisis de laboratorio y métodos utilizados.

| | Ofrecidos | Rechazos | Heces | Método de laboratorio |
|-----------------------------|-----------|----------|-------|--|
| MS | X | X | X | Estufa a 60 y 105 °C AOAC (1990) |
| FDN | X | X | X | Van Soest et al. (1991) |
| FDA | X | X | X | Van Soest et al. (1991) |
| LDA | X | X | X | Van Soest et al. (1991) |
| Cenizas | X | X | X | AOAC (1990) |
| PC | X | X | | AOAC (1990) |
| Dig. <i>in vitro</i> | X | X | | Ankom Technology Method 3 con solución Van Soest |
| Energía | X | X | X | Bomba calorimétrica |
| N-NH₄ | X | | | Lyman et al. (1953) |
| pH | X | | | Playne y Mc Donald (1966) |

3.2.6 Análisis estadístico

Los valores de ingestibilidad y digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido se analizaron mediante un análisis de varianza a partir del siguiente modelo estadístico.

$$Y = \mu + \alpha p + \epsilon$$

Donde: Y = característica evaluada.

μ = promedio de la característica.

αp = efecto del tratamiento.

ϵ = error residual.

Previamente se eliminaron los datos fuera de tipo o aberrantes utilizando como criterio la no pertenencia dentro del rango de valores de digestibilidad de la materia seca para cada animal $\pm 1,5$ error estándar (probabilidad del 80%). Dicho rango se constituyó por los valores de digestibilidad de los 6 días de medición de cada animal durante el período experimental.

El análisis estadístico fue realizado con el programa estadístico SAS 9.2 (2002-2008) y el test de comparación de medias utilizado fue el de la DMS (diferencia mínima significativa).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ENSAYO 1: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FECHA Y DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL CULTIVO

4.1.1 Eficiencia de siembra y situación agroclimática

Tanto la eficiencia de siembra como el número final de plantas a cosecha por hectárea que se presentan en el cuadro 8 disminuyeron a medida que se atrasó la fecha y se aumentó la densidad de siembra. La diferencia mínima significativa (DMS) fue de 9.401 pl./ há, por lo que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos 1, 2 y 3, pero sí de éstos con respecto a los tratamientos 4 y 5 que fueron instalados en la tercera fecha.

Cuadro 8: Eficiencia de siembra y no. pl./ há según tratamiento.

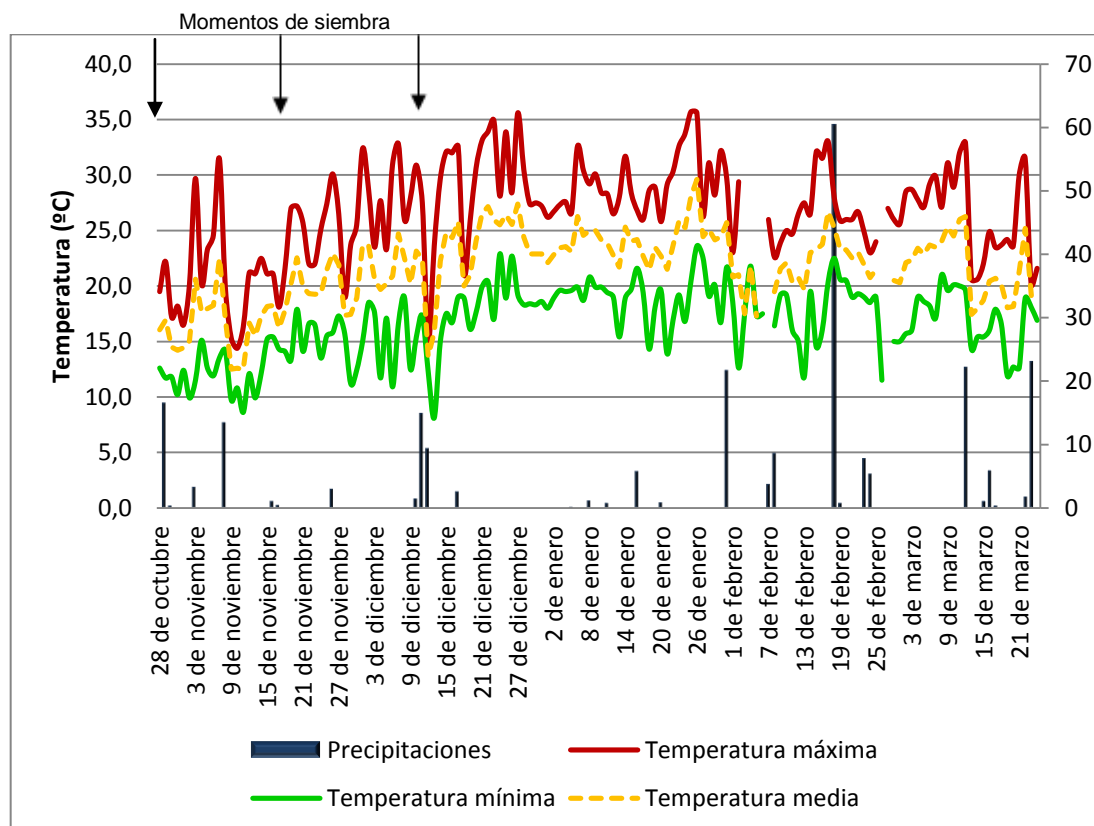
| Tratamiento | Eficiencia de siembra (%) | No. pl./ há |
|-------------|---------------------------|-------------|
| 1 | 70,3 | 49.207 A |
| 2 | 63,5 | 44.445 A |
| 3 | 36,2 | 43.386 A |
| 4 | 35,5 | 24.868 B |
| 5 | 19,4 | 23.281 B |

Valores con distinta letra difieren significativamente (Tuckey 0,05).

Los tratamientos 1 y 2 obtuvieron un número final de plantas a cosecha aceptable, y los tratamientos 3, 4 y 5 no llegaron a un número final de plantas que permita observar seriamente el efecto del aumento de densidad de población del experimento, ya que dicho aumento no se logró y el stand final de plantas terminó siendo el mismo entre tratamientos con igual fecha de siembra.

A medida que se atrasó la siembra se expuso a las semillas a diferentes condiciones ambientales, fundamentalmente con mayores temperaturas y precipitaciones (ver figura 4 y anexo 4).

Figura 4: Datos climáticos de la Estación Meteorológica de la cátedra de Agrometeorología, Facultad de Agronomía (Sayago).



Como se puede apreciar en la figura 4 y en el cuadro 9 las precipitaciones registradas fueron poco frecuentes y de baja cuantía, principalmente antes del mes de febrero.

Cuadro 9: Precipitaciones acumuladas a los 12 días, en los 10 días previos a la floración y en el total del ciclo.

| | Fecha de siembra | | |
|--------------------------------|------------------|-----------------|----------------|
| PP (mm) acumulada a: | 28 de octubre | 17 de noviembre | 9 de diciembre |
| 12 días | 33,6 | 3,5 | 28,4 |
| 10 días previos a la floración | 2,2 | 21,6 | 61,1 |
| Total del ciclo | 183,8 | 172,3 | 199,9 |
| Tratamientos | 1 | 2 y 3 | 4 y 5 |
| Fecha de cosecha | 1 de marzo | 15 de marzo | 24 de marzo |

Los tratamientos 2 y 3, que evaluaron la segunda fecha de siembra a 70.000 y 120.000 pl./ há respectivamente, no difirieron significativamente entre ellos ni con respecto al tratamiento 1 en cuanto al número de plantas a cosecha. Sin embargo, considerando la cantidad de semillas sembradas en el tratamiento 3 puede notarse que la cantidad de plantas logradas termina siendo incluso inferior al tratamiento con densidad más baja por lo que su eficiencia de siembra con respecto a éste cae abruptamente. Una de las razones que influye en este resultado es la distribución de precipitaciones que obtuvieron los tratamientos. En este sentido, el tratamiento 1 sembrado el 28 de octubre obtuvo una precipitación acumulada de 33,6 mm en los primeros 12 días de instalado, mientras que los tratamientos 2 y 3, instalados el 17 de noviembre, obtuvieron tan solo 3,5 mm en sus primeros 25 días. Si a esto se suma el aumento de densidad del tratamiento 3 con respecto al 2, se puede notar el efecto negativo que se logra al aumentar la densidad cuando las condiciones no son favorables en cuanto a temperatura y disponibilidad hídrica.

Con respecto a los tratamientos 4 y 5, instalados en la tercera fecha de siembra, si bien las precipitaciones fueron un poco más altas a lo largo de su ciclo la eficiencia de siembra registrada fue notoriamente más baja. La explicación puede estar dada por la mayor demanda atmosférica. El fundamento que rige en este caso es el propuesto por Allen et al., citados por FAO (2006), que explica que la radiación solar absorbida por la atmósfera y el calor emitido por la tierra elevan la temperatura del aire, la cual, según datos de la cátedra de agrometeorología de la Facultad de Agronomía, fue mayor que para las anteriores fechas de siembra. La humedad relativa del aire y la velocidad del viento inciden en la evapotranspiración por parte del sistema suelo – planta, pero los factores climáticos más importantes en este sentido son la temperatura y la radiación incidente. El calor sensible del aire circundante transfiere energía al cultivo y entonces ejerce un cierto control en la tasa de evapotranspiración. Por lo tanto puede suponerse que la pérdida de agua por parte del sistema suelo – planta fue mayor al momento de la tercera fecha de siembra con respecto a las anteriores. Y si bien el aporte de agua al inicio de los tratamientos 4 y 5 fue mayor que en los tratamientos 2 y 3, la evapotranspiración existente pudo haber determinado un menor contenido de agua efectivamente disponible para el uso de las plantas. Lo antedicho se ve respaldado, además, por el contenido de agua disponible a nivel zonal estimado por INASE – INIA (ver anexo 3).

Las precipitaciones registradas para la tercera fecha de siembra luego de los primeros 12 días fueron escasas, a tal punto que sólo se acumularon 37,3 mm en la primera mitad de su ciclo, recibiendo el 81% de las precipitaciones en la segunda mitad. Esto, sumado a una presumible mayor evapotranspiración, generó un importante déficit hídrico en la primera mitad del

ciclo para estos tratamientos afectando muy negativamente la implantación, pero a su vez, hizo que las plantas que lograron llegar a cosecha percibieran buenas precipitaciones en los períodos de prefloración y floración en la última etapa de su ciclo. De todas maneras, y al igual que en la segunda fecha de siembra, el stand final de plantas no fue significativamente distinto al sembrar 70.000 o 120.000 pl./ há.

A nivel general la condición agroclimática del país fue mayoritariamente favorable durante el año 2011, excepto para algunos cultivos como el maíz, el cual sufrió un déficit hídrico notable en la zafra 2010/ 2011 (URUGUAY. MGAP. OPYPA, 2011). La humedad constatada en el suelo fue demasiado baja con respecto a los requerimientos de la especie, lo cual sumado a las pocas precipitaciones registradas dificultaron la implantación de los cultivos, lo cual explica, en parte, la baja eficiencia de siembra general del ensayo.

En la zona de INIA LE la situación se caracterizó por presentar temperaturas por encima de la media histórica y precipitaciones en los meses de octubre, noviembre y diciembre, muy por debajo de la media histórica, un 63%, 78% y 75% respectivamente. En consecuencia a partir del mes de noviembre se instaló en todo el país el principio de una sequía que se prolongó al menos hasta todo el mes de enero. Si bien el registro de precipitaciones de enero fue dentro de los parámetros normales, el agua disponible hacia la tercera década de ese mes fue también deficitaria para cultivos agrícolas en condiciones de secano.

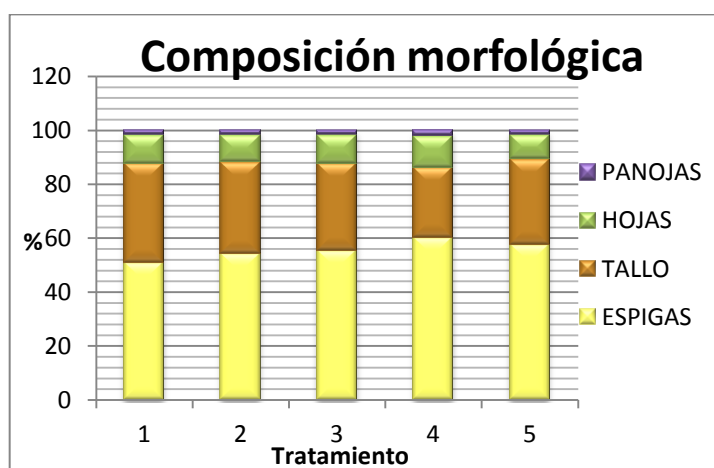
Según datos de la Unidad de Agroclima y Sistemas de Información del INIA los niveles de agua disponible en el suelo fueron de 30-40% para noviembre de 2010 y 10-20% para diciembre del mismo año y enero y febrero de 2011 en la zona donde se llevó adelante el ensayo (INASE e INIA, 2011b; ver anexo 3). Se considera que el nivel crítico para cultivos es aquella disponibilidad de agua en el suelo inferior a 40-50%.

Debido a lo anterior se fundamenta que la baja eficiencia de siembra de los tratamientos, fundamentalmente aquellos que nuclean a la tercera fecha de siembra, fue influenciada por las cada vez más altas temperaturas y baja cantidad de agua disponible en el suelo para las plantas al momento de la siembra y durante la primera mitad del ciclo. Incluso los tratamientos 3 y 5 que presentaron la densidad de siembra alta, no lograron un número final de plantas a cosecha superior a los tratamientos con misma fecha de siembra pero densidad más baja, con lo cual no se estaría justificando la utilización de densidades altas, al menos cuando las condiciones ambientales no son favorables.

4.1.2 Composición morfológica

Como se detalla en la figura 5 y el cuadro 10, no hubo diferencias estadísticamente significativas en la composición morfológica de las plantas de los distintos tratamientos. La única excepción se encuentra en la comparación entre el tratamiento 1 y el 4 en la fracción del tallo, donde hay una diferencia de 10,9 puntos porcentuales.

Figura 5: Composición morfológica según tratamiento.



Cuadro 10: Composición morfológica de la planta (como % del peso seco).

| Tratamiento | Fracción (%) | | | |
|-------------|--------------|----------|--------|---------|
| | Hoja | Tallo | Panoja | Espiga |
| 1 | 12,17 A | 36,93 A | 2,07 A | 48,87 A |
| 2 | 10,57 A | 33,57 AB | 1,80 A | 54,13 A |
| 3 | 10,97 A | 31,77 AB | 1,60 A | 55,63 A |
| 4 | 11,90 A | 25,87 B | 2,17 A | 60,10 A |
| 5 | 9,87 A | 31,93 AB | 1,63 A | 56,53 A |

Valores con distinta letra difieren significativamente (Tuckey 0,05).

En la presente variable se constata la irrelevancia de los factores de manejo fecha de siembra sobre la composición morfológica de las plantas a cosechar. No se realizan consideraciones del efecto de la densidad de plantación ya que no se logró un aumento real en la población de los tratamientos con alta densidad de siembra.

Los resultados son coincidentes con los presentados con anterioridad en la revisión bibliográfica. Las conclusiones en cuanto a composición morfológica deben enmarcarse estrictamente en el rango de poblaciones logradas en el ensayo, ya que cierta variación en la composición morfológica de las plantas al aumentar la densidad de siembra sí sería esperable en la medida que se utilicen densidades más elevadas que 120.000 pl./ há. Según Cozzolino y Fassio (1995), sí se podría esperar que la proporción del tallo fuera mayor en detrimento de la proporción de espiga a partir una población de 142.000 pl./ há. Pero en el ensayo no se aprecian diferencias. Lo anterior puede estar relacionado al hecho de que, en el tratamiento 5, en el momento previo a la floración se registraron ciertas precipitaciones que pudieron haber favorecido el llenado de grano de dichas plantas y a que no se logró una densidad suficientemente alta como para generar un cambio significativo en la composición botánica de las plantas.

4.1.3 Contenido de materia seca

En el cuadro 11 se presentan los resultados de la determinación de la materia seca de la planta entera para cada tratamiento con los que posteriormente se determinaron de los rendimientos.

Cuadro 11: Contenido de materia seca de la planta entera.

| | MS (%) | | | | |
|---------------|---------|----------|----------|---------|---------|
| Tratamiento | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Planta entera | 58.41 A | 50.48 AB | 52.07 AB | 33.26 C | 45.29 B |

Valores con distinta letra difieren significativamente (Tuckey 0,05).

Los tratamientos 1,2 y 3 presentaron contenidos de materia seca más elevados de lo recomendable para ensilar, no difiriendo significativamente entre ellos pero sí con respecto al tratamiento 4. Así mismo el tratamiento 5 también se presenta distinto al 4, pero muestra una tendencia a ser similar estadísticamente a los tratamientos 2 y 3. Los tratamientos 4 y 5 fueron sembrados en fecha más tardía, y sus plantas tuvieron ciclos más contraídos. Debido a ello las plantas llegaron a su madurez fisiológica con un menor tamaño y peso individual. Vale la pena resaltar que los valores obtenidos, comparados con valores habituales de materia seca para la variedad, evidencian una posible y leve sobrestimación de la materia seca, y con ello, de los rendimientos de cada tratamiento.

El contenido de humedad en la planta es de importancia en la determinación de una correcta calidad del producto a ensilar. El indicador del momento de cosecha comúnmente usado para maíz para ensilar es la madurez fisiológica del grano (Cozzolino y Fassio, 1995), siendo el mejor momento cuando el mismo se encuentra en un estado de madurez de correspondiente a “grano pastoso”. Pero dadas las condiciones de stress hídrico generada en las plantas, las mismas comenzaron a secarse aún cuando el grano no había logrado alcanzar su madurez adecuada. Por tanto, se optó por cortar las plantas en un momento no más tardío que el correspondiente a % 50 de hojas secas. Esta es una de las razones que puede explicar el elevado contenido de materia seca en los tratamientos 1, 2 y 3. Los tratamientos 4 y 5, que fueron sembrados en la fecha más tardía, se encontraban en un menor estado de madurez al momento de corte, lo cual derivó en un porcentaje de materia seca más adecuado a lo recomendable para la actividad de ensilado.

4.1.4 Rendimiento

Si bien se registró una alta variabilidad entre repeticiones del mismo tratamiento, los rendimientos obtenidos en promedio para los tratamientos 1 y 2 fueron similares. En el cuadro 12 se presenta la producción de biomasa aérea por hectárea para cada tratamiento.

Cuadro 12: Rendimiento promedio.

| Tratamiento | Rendimiento (Kg MS/ há) |
|-------------|-------------------------|
| 1 | 18.035 A |
| 2 | 14.448 A |
| 3 | 12.256 A |
| 4 | 3.542 B |
| 5 | 3.824 B |

Valores con distinta letra difieren significativamente (Tuckey 0,05).

Es notable en el cuadro una tendencia a rendimientos escalonados entre la primera, segunda y tercera fecha de siembra. La diferencia mínima significativa es de 6.718 Kg. MS/ há. No hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos 1, 2 y 3, mientras que éstos si fueron significativamente distintos a los tratamientos 4 y 5. Los resultados obtenidos evidencian un efecto negativo de atrasar la fecha de siembra hasta diciembre.

Es destacable, además, que si bien los tratamientos 1, 2 y 3 fueron estadísticamente superiores a los tratamientos 4 y 5 en cuanto a producción de materia seca, la diferencia productiva entre el tratamiento 1 y 3 es 5.779 Kg MS/

há, valor cercano a la DMS. Entre estos tratamientos el valor de $P = 0,0843$. Debido a esto se puede afirmar que los tratamientos 1 y 2 presentan una tendencia a ser estadísticamente superiores al tratamiento 3.

Los resultados determinados podrían explicarse por las condiciones ambientales particulares a las que se expusieron las plantas. Tal como lo expuesto por Andrade et al. (1996), la temperatura está asociada directamente con la velocidad de crecimiento y desarrollo de los cultivos. Y en la medida que se realizaron siembras tempranas se expuso a las plantas a temperaturas más frescas y por lo tanto el ciclo del cultivo alargó su estación de crecimiento. En suma, la cantidad de radiación disponible a ser absorbida para la fotosíntesis aumentó.

La siembra más tardía logra rendimientos muy por debajo del potencial de la variedad, sin importar qué densidad se utilice. Esto se debe en parte a que las plantas estuvieron sometidas a un ambiente de mayor temperatura y menor disponibilidad hídrica, lo cual afectó directa y notoriamente a la implantación de los tratamientos y su población final. Al registrarse mucha menor población de plantas que en los otros tratamientos el rendimiento por unidad de superficie se vio muy disminuido. Además, y según lo expuesto por Fassio et al. (1998), el aumento de la temperatura y de la duración del fotoperíodo en las etapas tempranas de los tratamientos 4 y 5 como consecuencia del retraso de la siembra aceleró el cambio de estado del ápice, con lo cual las plantas pasaron al estado reproductivo con un menor tamaño y como consecuencia del aumento de la velocidad de desarrollo pudieron ocurrir importantes reducciones en la cantidad de radiación incidente acumulada. Además, para estos tratamientos, el porcentaje de materia seca al momento de corte fue más bajo, pero a su vez, más acorde para la confección del ensilado, sin embargo esto disminuyó el rendimiento en términos de Kg de MS/ há.

Tal como lo expuesto por Medina et al. (2001), el efecto ambiental, y en particular la disponibilidad hídrica en momentos críticos para el cultivo, influyó de manera imponente sobre el rendimiento y calidad de los tratamientos evaluados. La combinación de fecha de siembra tardía y altas densidades de plantación son elecciones de manejo inadecuadas cuando las condiciones ambientales no son favorables, generando en el maíz Blanco Cangüé, una merma importante en el rendimiento obtenido.

4.2 ENSAYO 2: EVALUACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO DEL ENSILADO

4.2.1 Muestreo de cultivos en pié de sorgo *bmr* y maíz blanco, composición morfológica y rendimiento

Los cultivos en pié de sorgo *bmr* y maíz blanco fueron muestreados antes del corte para ensilar y los resultados de sus determinaciones se presentan en los cuadros 13, 14 y 15.

Cuadro 13: Población, altura de plantas y porcentaje de vuelco.

| Población: | Sorgo <i>bmr</i> | Maíz blanco |
|---|-------------------------|--------------------|
| Distancia promedio entre surcos (cm) | 35,1 | 70 |
| No. de plantas por metro lineal | 12,9 | 1,9 |
| No. de plantas/ há | 367.836 | 27.679 |
| Altura promedio de plantas (cm): | 178,6 | 279 |
| Porcentaje de vuelco: | 8,6 | 20,6 |

Un aspecto coincidente con la revisión bibliográfica es la elevada altura promedio de plantas de maíz Blanco Cangüé y su alto porcentaje de vuelco, incluso a tan bajas densidades.

Cuadro 14: Composición morfológica de las plantas al momento de corte (como porcentaje del peso seco).

| | Sorgo <i>bmr</i> | Maíz blanco |
|-----------------|-------------------------|--------------------|
| Tallo | 67,7 | 40,6 |
| Hoja | 11,7 | 15,9 |
| Panoja + espiga | 20,6 | 43,5 |

En cuanto a la composición morfológica se aprecia que el maíz blanco logra una notoria mayor proporción de hoja, espiga y panoja que el sorgo *bmr*, en detrimento del contenido de tallo.

Cuadro 15: Rendimiento y contenido de materia seca de los cultivos de maíz y sorgo *bmr* al momento de ensilar.

| | Sorgo <i>bmr</i> | Maíz blanco |
|-------------------------|------------------|-------------|
| Materia fresca (Kg/ há) | 30.991 | 32.044 |
| Materia seca (Kg/ há) | 10.184 | 7.353 |
| % Materia Seca | 32,9 | 22,9 |

Si bien el rendimiento de materia fresca del maíz blanco Cangüé fue superior al de sorgo *bmr*, el rendimiento de la materia seca fue mayor en el último. Esto se debe a que el porcentaje de materia seca registrado en el sorgo fue muy superior al del maíz. El ciclo largo del maíz Blanco Cangüé hace que la planta tenga un avance lento de su madurez.

Al mismo tiempo, el rendimiento obtenido del maíz blanco es inferior a rendimiento del orden de los 12.000 Kg./ há presentado en la revisión bibliográfica para la misma zafra (2009/ 2010), debiendo considerarse la baja densidad de siembra en el presente ensayo.

4.2.2 Composición química

A continuación, en el cuadro 16, se presentan los resultados de la composición química de los ensilados. Según lo apreciable el maíz Blanco Cangüé se destaca por sobre los otros ensilados evaluados en su calidad nutritiva gracias a su mayor aporte de proteína, y menor proporción de fibra y lignina, componentes éstos asociados a una menor digestibilidad del material.

Cuadro 16: Composición química de los ensilados y parámetros de conservación.

| | (% MS) | | | | | | | (% NT) | pH | Energía bruta (Mcal/ Kg MS) |
|------------------|------------|-------------|---------|------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|-----------------------------|
| | MS (60 °C) | MS (105 °C) | Cenizas | PC | aFDN _{mo} | FDA _{mo} | LIG _{as} | N-NH ₄ | | |
| Sorgo <i>bmr</i> | 29,23 | 93,1 | 9,4 | 4,69 | 63,39 | 35,9 | 4,3 | 4,7 | 4,36 | 4,81 |
| Maíz blanco | 38,35 | 90,8 | 5,1 | 6,25 | 51,87 | 29,4 | 3,9 | --- | --- | 4,81 |
| Sorgo dulce | 27,75 | 89,4 | 5,9 | 4,49 | 57,92 | 34 | 5,4 | 20,9 | 4,30 | 4,53 |

Comparando entre sí a los ensilados de sorgo, y como era esperable según lo referenciado por Cota et al. (2006), el sorgo *bmr* presentó menor contenido de lignina que el sorgo dulce, el cual además evidencia un estado de conservación distinto al óptimo dado su elevado porcentaje de amonio.

Sin embargo, comparado con los valores bibliográficos presentados anteriormente, el maíz blanco obtuvo menor contenido de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido, aunque mayor contenido de lignina.

4.2.3 Digestibilidad *in vivo* y consumo potencial

En los tratamientos correspondientes al ensilado de sorgo *bmr* se eliminaron los datos obtenidos de un animal problemático, por lo que los resultados presentados corresponden al procesamiento de datos de 5 animales.

En lo que respecta al valor nutritivo de un alimento, es sabido que la ingesta potencial que presente el material, así como su digestibilidad y la eficiencia con la que son usados sus nutrientes por parte de los animales son factores fundamentales a tener en cuenta. En este sentido, si bien el maíz Blanco Cangüé logró el valor más alto de digestibilidad de la materia seca y materia orgánica, las diferencias no fueron estadísticamente significativas en la comparación con los otros alimentos evaluados.

Cuadro 17: Digestibilidad de la materia seca a 105 °C (DMS), materia orgánica (DMO), fibra detergente neutro (DFDN) y energía (DE).

| % | 1 - Maíz blanco | 2 - Sorgo <i>bmr</i> | 3 - Sorgo dulce | Contrastes (p) | | |
|------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------|--------|--------|
| | | | | 1 vs 2 | 1 vs 3 | 2 vs 3 |
| DMS | 63,31 | 58,25 | 58,79 | 0,4611 | 0,4893 | 0,9367 |
| DMO | 66,42 | 60,67 | 61,34 | 0,3824 | 0,4170 | 0,9183 |
| DFDN | 51,26 | 57,22 | 51,82 | 0,5106 | 0,9475 | 0,5509 |
| DE | 72,87 | 69,77 | 70,69 | 0,5233 | 0,6360 | 0,8494 |

Valores con $p < 0,05$ difieren significativamente (Tuckey 0,05).

La digestibilidad de la FDN en maíz fue 10 puntos porcentuales menor a la referenciada por Astigarraga, citado por UDELAR (URUGUAY). FA (s.f.). En cuanto a la digestibilidad de la pared celular, si bien las diferencias no son estadísticamente significativas, para el sorgo *bmr* fue esperablemente mayor a la del sorgo dulce dado su menor tenor de lignina, la cual influye directamente en la digestibilidad de la pared. En lo que respecta a la digestibilidad de la

energía, si bien el valor más alto corresponde al maíz blanco, las diferencias no son estadísticamente significativas.

Como se aprecia en el cuadro 18, en cuanto al valor de ingestibilidad de materia seca, se puede decir que hay una tendencia a mayor consumo en el ensilado de maíz blanco con respecto al de sorgo dulce, no habiendo diferencias significativas en el valor del ensilado de maíz blanco con respecto al de sorgo *bmr* ni entre ambos ensilados de sorgo.

Cuadro 18: Ingestibilidad de la materia seca a 105 °C (CMS), materia orgánica (CMO) y fibra detergente neutro (CFDN) en gramos por peso metabólico.

| % Peso metabólico | 1 - Maíz blanco | 2 - Sorgo <i>bmr</i> | 3 – Sorgo Dulce | Contrastes (p) | | |
|-------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------|--------|--------|
| | | | | 1 vs 2 | 1 vs 3 | 2 vs 3 |
| CMS | 17,6 | 15 | 10,6 | 0,4757 | 0,0542 | 0,2245 |
| CMO | 16,8 | 13,6 | 9,9 | 0,3296 | 0,0417 | 0,2787 |
| CFDN | 8,8 | 9,8 | 6,1 | 0,6202 | 0,1904 | 0,0904 |

El valor de ingestibilidad de materia orgánica del ensilado de maíz blanco fue estadísticamente mayor al de sorgo dulce, en tanto que en la ingestibilidad de la fibra hay una tendencia a mayor consumo en el ensilado de sorgo *bmr* con respecto al sorgo dulce.

4.2.4 Evaluación de los métodos predictores de la digestibilidad; comparativo *in vivo* – *in vitro*

En el cuadro 19 se presenta la digestibilidad *in vitro* de la materia seca determinada a 24 y 48 horas y se las compara con la digestibilidad *in vivo* determinada anteriormente. Los valores están expresados en base seca.

Cuadro 19: Digestibilidad *in vitro* e *in vivo* de la materia seca.

| Muestra | Dig. <i>in vitro</i> MS (%) 24 hs | Dig. <i>in vitro</i> MS (%) 48 hs | Dig. <i>in vivo</i> MS (%) 60 °C |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Maíz blanco | 55,67 | 65,38 | 63,51 |
| Sorgo dulce | 52,65 | 61,00 | 62,57 |
| Sorgo <i>bmr</i> | 49,15 | 57,53 | 56,59 |

Se puede apreciar cómo la digestibilidad *in vivo* es superior en el ensilado de maíz Blanco Cangüé que en el de los ensilados de sorgo. Además,

tanto en la metodología de medición a las 24 como a las 48 horas, los valores de digestibilidad *in vitro* más altos los presentó el maíz Blanco Cangüé. Sin embargo el valor obtenido de digestibilidad fue menor al de 67 % obtenido por Astigarraga, citado por UDELAR (URUGUAY). FA (s.f.), y el de 65,6 % obtenido por Masinchuck (2002).

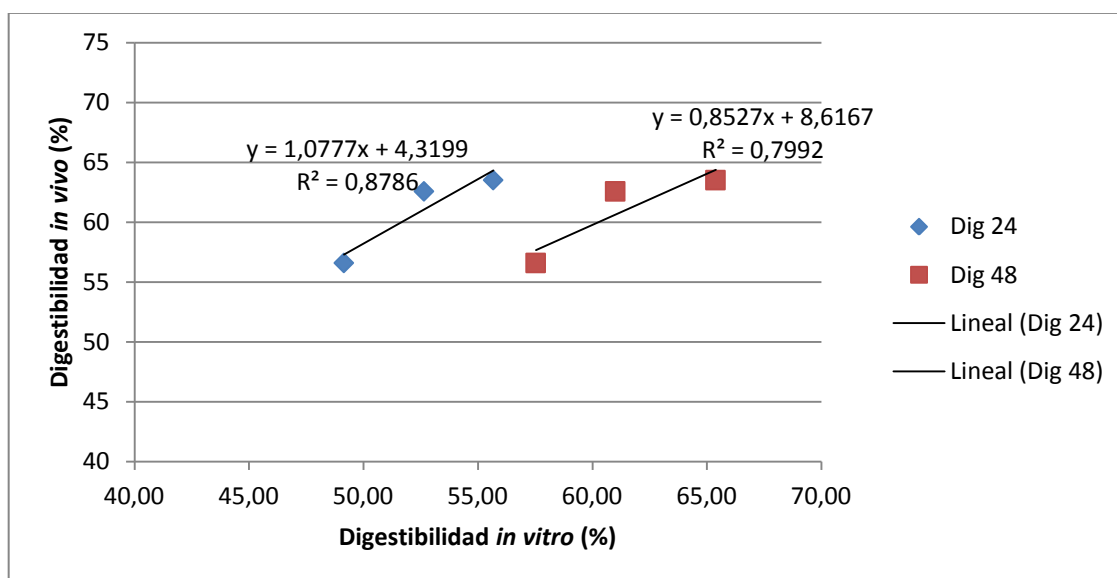
Para determinar qué método estima mejor la digestibilidad *in vivo* para el maíz Blanco Cangüé se examinaron las relaciones entre los valores de digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica y las determinaciones de laboratorio de digestibilidad *in vitro* a 24 y 48 horas mediante análisis de correlación y regresión lineal simple.

Al igual que en los resultados obtenidos por Di Marco et al. (2009) mencionados en la revisión bibliográfica, la capacidad de estimación de la digestibilidad *in vivo* medida en función del valor absoluto del coeficiente de correlación fue superior para la digestibilidad *in vitro* determinada a 24 horas comparada con la determinada a 48 horas.

Coeficientes de correlación: Dig. *in vitro* 24 hs = 0,937
 Dig. *in vitro* 48 hs = 0,894

En la figura 6 se exponen los modelos de regresión obtenidos para la estimación de la digestibilidad *in vivo* del maíz Blanco Cangüé.

Figura 6: Correlación y regresión lineal entre la digestibilidad *in vitro* determinada a 24 y 48 horas y la digestibilidad *in vivo*.



4.2.5 Estimación de la energía metabolizable y la energía neta de lactación

La determinación de la energía neta de lactación se realizó según Jarrige (1988), a partir de la digestibilidad de la materia orgánica y la de la energía bruta. Los valores obtenidos se presentan en el cuadro 20.

Cuadro 20: Energía metabolizable (EM) y energía neta de lactación (EN_l) expresadas en MCal/ Kg MS.

| | EM | EN _l |
|------------------|------|-----------------|
| Maíz blanco | 2,69 | 1,63 |
| Sorgo dulce | 2,44 | 1,46 |
| Sorgo <i>bmr</i> | 2,24 | 1,31 |

Como se puede apreciar el maíz Blanco Cangüé es el alimento evaluado con mejores valores tanto en su energía metabolizable como en la energía neta de lactación. El valor del maíz blanco obtenido fue superior incluso al ensayo referenciado con anterioridad, por parte de Astigarraga, citado por UDELAR (URUGUAY). FA (s.f.), con lo cual queda reforzado y demostrado su buen valor energético para la alimentación animal.

5. CONCLUSIONES

La adecuación de la siembra es uno de los principales aspectos del manejo a tener en cuenta, ya que determina la estación de crecimiento del cultivo. Los resultados ponen de manifiesto que los factores ambientales ejercen una fuerte influencia sobre el rendimiento del cultivo. En el presente ensayo y en términos de rendimiento, la fecha de siembra más tardía (9 de diciembre) obtuvo la producción más baja, no habiéndose registrado diferencias estadísticamente significativas entre las parcelas instaladas en la siembra del 28 de octubre y 17 de noviembre. Por lo tanto se concluye que, en el caso del maíz Blanco Cangüé, las siembras más tempranas son más beneficiosas que las tardías, al menos en el marco de condiciones en las que desarrolló el ensayo. Además, la población final de plantas a cosecha lograda en los tratamientos de siembra tardía fue demasiado baja, explicando en parte los rendimientos obtenidos. Y como queda demostrado en estudios de Medina et al. (2001), en Uruguay el ambiente es una fuente de variación de gran magnitud, determinando de forma importante el rendimiento en materia seca total de los cultivos de maíz para silo.

En cuanto al segundo factor de manejo evaluado, la densidad de siembra, se concluye que la densidad baja (70.000 pl./ há) resulta la recomendable en el marco del ensayo, ya que aumentar la cantidad de semilla sembrada por unidad de superficie terminó siendo perjudicial en la medida que no se confirmó en el stand final de plantas. Tal como exponen Barreto et al. (1991), Bertoia et al. (1994), Cozzolino y Fassio (1995), Barreto y Del Puerto (2001), y como queda demostrado en el ensayo, la utilización de densidades elevadas de siembra cuando las condiciones de disponibilidad hídrica son limitantes, no solo no representa aumentos en el rendimiento, sino que incluso perjudica la producción de materia seca. De otra forma, la poca elasticidad comprobada del cultivo, hace que la mayor población de plantas compitan entre sí por los recursos limitados y no se compense en el rendimiento final. De forma que el aumento de rendimiento en producción de materia seca que podría esperarse en la teoría, se verá refutado, al menos, cuando las condiciones ambientales sean desfavorables. Utilizar densidades de siembra elevadas en dichas condiciones deja de aprovechar uno de los principales potenciales de la variedad si se maneja en una densidad adecuada, que es la buena producción en condiciones ambientales limitantes, donde otros cultivos producen menos. Si la densidad de siembra se maneja adecuadamente, ésta variedad podría presentar aún mayor estabilidad en rendimiento y calidad. En este sentido es necesaria mayor investigación sobre el comportamiento y la performance del maíz Blanco Cangüé a densidades elevadas cuando las condiciones

ambientales no son limitantes y determinar hasta qué punto el aumento de población percibe respuesta positiva por parte del cultivo.

Debido a la baja eficiencia de siembra obtenida y a que, en consecuencia, no se notó un aumento en la población de los tratamientos que evaluaron la densidad de 120.000 pl./ há, no se sacan conclusiones en cuanto a éste efecto sobre la composición morfológica de las plantas y la calidad del forraje. Si bien esto, es destacable que se podría esperar un aumento en la proporción de la fracción de tallo y hoja en detrimento de la proporción de espigas si se utilizan densidades aún más elevadas a la trabajada en ésta investigación (Cozzolino y Fassio, 1995). En el marco del ensayo la variación de la fecha de siembra tampoco tuvo efectos significativos en la modificación de la composición morfológica de las plantas.

Por otra parte, en lo concerniente a la composición química de los ensilados, el maíz Blanco Cangüé demostró superioridad en su calidad nutricional comparado con el sorgo *bmr* 1000 y el sorgo dulce M81-E, gracias a su mayor aporte de proteína y menor tenor de fibra y lignina.

Si bien el maíz blanco obtuvo el valor más alto de digestibilidad *in vivo* de la materia seca (62,31 %) y materia orgánica (66,42 %), las diferencias no fueron estadísticamente significativas en la comparación con los otros alimentos evaluados. En cuanto a la pared celular, si bien las diferencias encontradas en cuanto a su digestibilidad no son estadísticamente significativas, se observa una mayor calidad de la misma en el caso del sorgo *bmr*, dado su menor tenor de lignina comparado con el sorgo dulce.

En cuanto a la ingestibilidad de materia seca se aprecia una tendencia al mayor consumo de maíz blanco versus el consumo de sorgo dulce. El consumo de materia orgánica del maíz blanco se mostró superior al del ensilado de sorgo dulce, no habiendo diferencias estadísticas contra el del sorgo *bmr*. En la ingesta de fibra no hubo diferencias significativas, aunque sí una tendencia al mayor consumo de sorgo *bmr* versus el consumo de sorgo dulce.

Como método de la estimación de la digestibilidad *in vivo* resultó más adecuado el de la digestibilidad *in vitro* a 24 horas, coincidentemente con lo concluido por Di Marco et al. (2009), dado el coeficiente de correlación de 0,937, mayor al de 0,894 de la digestibilidad *in vitro* a 48 horas. La ecuación de regresión lineal correspondiente determinada es $Y = 1,0777x + 4,3199$, con un $R^2 = 0,8786$.

La buena producción de la variedad, y en particular, ante situaciones ambientales inapropiadas si se maneja bien, es un aspecto que la destaca entre las demás opciones debido a su gran adaptación a las condiciones locales. Los resultados confirman la importancia del uso de germoplasmas locales para la obtención de nuevos materiales de buen comportamiento agronómico y bien adaptados a las condiciones locales de producción. La elevada altura y porcentaje de vuelco son aspectos negativos en la caracterización agronómica de la variedad, por lo tanto resulta de interés la mayor investigación en estos aspectos a fin de mejorarlos.

Los estudios de calidad nutricional, digestibilidad, energía, consumo y producción de materia seca realizados y mencionados hasta el momento destacan el buen potencial de esta VPA. Y gracias a la facilidad de multiplicación de semillas de la variedad y la facilidad de conseguirlas a un precio accesible, se vuelve una alternativa promisoría e interesante para los productores.

6. RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales de mayor importancia económica y social, ya que constituye la base alimenticia de la población mundial. Entre la enorme variedad de tipos de maíz existentes se encuentran aquellos de color de grano blanco y textura dentada, donde se ubica el maíz Blanco Cangüé, el cual es una variedad de polinización abierta (VPA) desarrollada a partir de germoplasma local por el grupo de Fitotecnia de la Facultad de Agronomía uruguaya. Este maíz es, por tanto, una variedad muy bien adaptada a las condiciones de cultivo locales y su principal uso es el forrajero, ya sea con destino a ensilados o pastoreo directo, destacándose además su buen nivel de producción de materia seca. Se realizaron dos ensayos en predios de Facultad de Agronomía con el fin de evaluar aspectos de manejo y calidad del forraje del maíz Blanco Cangüé. Uno de ellos se desarrolló en Sayago, Montevideo, en la temporada 2010/ 2011. Se utilizaron cinco tratamientos que combinaron tres fechas de siembra y dos densidades distintas. El rendimiento más elevado se obtuvo con los tratamientos de la fecha de siembra temprana (en su única densidad) y fecha de siembra media en sus dos densidades. La composición morfológica de las plantas no varió según los tratamientos. Se concluye que las condiciones ambientales particulares del año afectaron negativamente la performance del cultivo, principalmente en los tratamientos de fecha de siembra tardía, lo que se tradujo en su bajo rendimiento obtenido. Por lo tanto, fechas de siembra tardías y altas densidades no son recomendables para la variedad, al menos cuando las condiciones no son favorables. El segundo ensayo presentado se desarrolló en el Centro Regional Sur, Progreso, donde se evaluó el ensilado del maíz Blanco Cangüé en comparación a los ensilados de sorgo BMR 1000 y sorgo dulce M81-E, los cuales son materiales corrientemente usados para silo. Se evaluó la digestibilidad *in vivo* sobre un grupo de 6 ovinos machos castrados raza Corriedale para cada ensilado. La digestibilidad de la materia seca para el maíz blanco Cangüé fue la más alta obtenida, 63,31 %, al igual que la digestibilidad de la energía, 72,87 %, aunque no difirieron significativamente de las de los ensilados de sorgo. En cuanto a la composición química de los materiales, el Blanco Cangüé aportó mayor cantidad de proteína, y presentó menor proporción de fibra y lignina, componentes éstos asociados a menor digestibilidad del material. Sin embargo, comparado con los valores bibliográficos presentados anteriormente, el maíz blanco obtuvo menor contenido de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido, aunque mayor contenido de lignina. El Blanco Cangüé mostró una tendencia a mayor ingestibilidad que los otros materiales y presentó mayor consumo de materia orgánica que el sorgo dulce. La digestibilidad *in vitro* a 24 horas resultó el mejor método de estimación de la digestibilidad *in vivo*, con un coeficiente de

correlación de 0,937, contra el 0,894 de la digestibilidad *in vitro* a 48 horas. El modelo de regresión obtenido para la estimación de la digestibilidad *in vivo* del maíz Blanco Cangüé fue $Y = 1,0777x + 4,3199$ ($R^2 = 0,8786$) para la digestibilidad *in vitro* a 24 horas. La determinación de la energía neta de lactación se realizó a partir de la digestibilidad de la materia orgánica y la de la energía bruta. Le energía metabolizable y la energía neta de lactación para la variedad fue de 2,69 y 1,63 MCal/ Kg MS respectivamente. En función de los resultados obtenidos y de la importancia de los recursos genéticos nativos para el país, se confirma el buen potencial del cultivo de maíz Blanco Cangüé para la alimentación animal en los sistemas de producción locales y la necesidad de seguir una línea de investigación que profundice aspectos de su manejo para su mejor utilización.

Palabras clave: Maíz blanco; Ensilado; Manejo; Valor nutritivo.

7. SUMMARY

Maize (*Zea mays* L.) is one of the most economically and socially important cereals, since it is the staple food of the world population. Among the enormous variety of existing maize types are those of white grain, and texture timing, site of Blanco Cangüé corn, which is an open pollinated variety (OPV) developed from local germplasm by the Phytotecnic group of the Uruguayan Faculty of Agronomy. This corn is, therefore, a variety well adapted to local growing conditions and its main use is forage, whether destined for silage or grazing, further emphasizing their high level of dry matter production. Two experiments were conducted in the premises of Faculty of Agronomy in order to evaluate aspects of management and quality of Blanco Cangüé maize forage. One of them developed in Sayago, Montevideo, in the season 2010/ 2011. Five treatments were used that combined three planting dates and two different densities. The highest yield was obtained with treatment of early planting date (with a unique density) and medium planting date in its two densities. The morphological composition of the plants did not vary according to the treatments. It is concluded that the particular environmental conditions of the year affected negatively the performance of the crop, mainly in the treatment of late planting date, which resulted in low yield obtained. Therefore, late planting date and high densities are not recommended for the variety, at least when conditions are not favorable. The second test presented was developed in the Southern Regional Center, Progreso, which evaluated the Blanco Cangüé maize silage compared to silage sorghum BMR 1000 and sweet sorghum M81-E, which are materials commonly used for silage. It was evaluated the *in vivo* digestibility of a group of 6 castrated male Corriedale sheep for each silage. The digestibility of dry matter for the Blanco Cangüé maize was the highest obtained, 63,31 %, as the digestibility of energy, 72,87 %, although not significantly different from those of sorghum silage. As to the chemical composition of the materials, the Blanco Cangüé provided a higher level of protein, and had a lower proportion of fiber and lignin, these components associated with lower digestibility of the materials. However, compared with bibliographic values presented above, the white corn was lower in neutral detergent fiber and acid detergent fiber, but higher lignin content. The Blanco Cangüé showed a trend towards greater ingestibility than the other materials and had a higher consumption of organic matter than sweet sorghum. The *in vitro* digestibility to 24 hours was the best method for estimating the digestibility *in vivo*, with a correlation coefficient of 0,937, against 0,894 for the *in vitro* digestibility to 48 hours. The obtained regression model to estimate *in vivo* digestibility of Blanco Cangüé maize was $Y = 1,0777 x + 4,3199$ ($R^2 = 0,8786$) for *in vitro* digestibility to 24 hours. The determination of the net energy of lactation was performed

from the organic matter digestibility and gross energy. The metabolizable energy and net energy of lactation for the variety was 2,69 and 1,63 MCal/ Kg DM respectively. Depending on the results and the importance of genetic resources native to the country, it is confirmed the good potential of Blanco Cangüé maize for animal feed in local production systems and the need to pursue a line of research that deepens aspects of their management for better utilization.

Keywords: White maize; Silage; Management; Nutritional value.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ANDRADE, F.; MARGIOTTA, R.; MARTÍNEZ, P.; HEILAND, P.; UHART, S. A.; CIRILO, A. G.; FRUGONE, M. I. 1992. Manejo de la densidad de plantas en maíz. INTA. Experimental Agropecuaria Balcarce. Boletín Técnico no. 108. s.p.
2. _____.; CIRILO, A.; UHART, S.; OTEGUI, M. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Balcarce, INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce/UNMP. FCA. 292 p.
3. ANTELO J. F.; MERTOT, C. A. 1988. Efecto de la densidad y la distribución en el cultivo de sorgo granífero. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 102 p.
4. BARRETO, A.; DURÁN, H.; FASSIO, A.; CARÁMBULA, M. 1991. Influencia de la densidad, el ciclo y la textura en el rendimiento del maíz; resultados años 89/ 90 y 90/ 91. INIA La Estanzuela. s.p. (Hoja de divulgación no. 14).
5. BARRETO, P.; DEL PUERTO, P. 2001. Evaluación nutricional de verdeos de verano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 65 p.
6. BERRO, M. 1914. La agricultura colonial. s.l., Imprenta Artística de Juan J. Dornaleche. 351 p.
7. BERTOIA, L. M.; BORLANDERI, M. S.; BURAK, R. 1994. Densidad de siembra en maíz (*Zea mays* L.). Efecto sobre la producción de materia seca. Revista Argentina de Producción Animal. 14 (supl. 1): 62-63.
8. BORUCKI, S. 1995. Situación del cultivo de maíz a nivel nacional. Montevideo, Facultad de Agronomía. 25 p.
9. CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO (CIMMYT); FAO. 1997. El maíz blanco; un grano alimentario tradicional en los países en desarrollo. (en línea). s.l. 24 p. Consultado 18 feb. 2012. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/w2698s/w2698s00.pdf>

10. COTA, S.; PEREGALLI, A. 2006. Caracterización de sorgos graníferos y “*bmr*” para ensilar. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 69 p.
11. COZZOLINO, D.; FASSIO, A. 1995. Ensilaje de maíz; cultivares y calidad. Montevideo, INIA. 16 p. (Serie Técnica no. 65).
12. DE MARÍA, F.; FERNÁNDEZ, G.; ZOPPOLO, J. 1979. Caracterización agronómica y clasificación racial de las muestras de maíz colectadas en Uruguay bajo el proyecto I.B.P.G.R. (International Board For Plant Genetic Resources) y Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 53 p.
13. DI MARCO, O. N.; RESSIA, M. A.; ARIAS S.; AELLO, M. S; ARZADÚN, M.; 2009. Digestibility of forage silages from grain, sweet and *bmr* sorghum types; comparison of *in vivo*, *in situ* and *in vitro* data. (en línea). Animal Feed Science and Technology. 153: 161 – 168. Consultado jul. 2012. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840109002016>.
14. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGRÓPECUARIA (EMBRAPA). 2005. Guia para produção de sementes de milho variedade na propriedade de base familiar. (en línea). Pelotas, RS, Brasil. s.p. (Documentos no. 146). Consultado 12 mar. 2012. Disponible en http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/documentos/documento_146.pdf.
15. FAO. 1997. El maíz blanco; un grano alimentario tradicional en los países en desarrollo. (en línea). Roma. Consultado 12 feb. 2012. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/w2698s/w2698s00.pdf>.
16. _____. 2006. Evapotranspiración del cultivo; guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, 298 p. (Estudio FAO Riego y drenaje no. 56).
17. _____. 2012. Top production – World (Total) - 2010. (en línea). Rome. Consultado 12 mar. 2012. Disponible en <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
18. FASSIO, A.; CARRIQUIRY, A.I.; TOJO, C.; ROMERO, R. 1998. Maíz; aspectos sobre fenología. Montevideo, INIA. 51 p. (Serie Técnica no. 101).

19. FLORES CALVETE, G. 2004. Factores que afectan la calidad del ensilaje de hierba y a la planta de maíz forrajero en Galicia y evaluación de métodos de laboratorio para la predicción de la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica de estos forrajes ensilados. Tesis doctoral. Madrid, España. Universidad Politécnica de Madrid. 317 p.
20. INSTITUTO NACIONAL DE SEMILLAS (INASE); INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (INIA). 1997. Informe presentado a la comisión asesora de certificación de semillas. Sector cereales de verano. Maíz. Programa nacional de evaluación de cultivares. Montevideo. s.p.
21. _____. _____. 1998. Informe presentado a la comisión asesora de certificación de semillas. Sector cereales de verano. Maíz. Programa nacional de evaluación de cultivares. Montevideo. 47 p.
22. _____. _____. 2005. Evaluación de maíz para silo zafra 2004/ 2005. (en línea). La Estanzuela. s.p. Consultado 10 ago. 2012. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/msilo/msilo04.htm.
23. _____. _____. 2006. Evaluación de maíz para silo zafra 2005/ 2006. (en línea). La Estanzuela. s.p. Consultado 10 ago. 2012. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/msilo/msilo05.htm.
24. _____. _____. 2007. Evaluación de sorgo para silo zafra 2006/ 2007. (en línea). La Estanzuela. s.p. Consultado 10 ago. 2012. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/sf/ss06.htm.
25. _____. _____. 2009. Evaluación de sorgo para silo zafra 2008/ 2009. (en línea). La Estanzuela. s.p. Consultado 10 ago. 2012. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/msilo/INTROMS08.htm
26. _____. _____. 2010. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de maíz para grano y maíz para silo; período 2009. La Estanzuela. 42 p.

27. _____. 2011a. Importación y exportación de semillas. (en línea). s.l. s.p. Consultado mar. 2012. Disponible en <http://www.inase.org.uy/estadisticas/Default.aspx>.
28. _____.; INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (INIA). 2011b. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de maíz para grano y maíz para silo; período 2010. La Estanzuela. 70 p.
29. _____. _____. 2011c. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo para silo y sorgo dulce para la producción de etanol; período 2010. La Estanzuela. 44 p.
30. _____. _____. 2012. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de maíz para grano y maíz para silo; período 2011. La Estanzuela. 69 p.
31. INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA). 2006. Calidad del grano de maíz. (en línea). Balcarce. s.p. Consultado 10 ago. 2012. Disponible en www.produccion-animal.com.ar/informacion.../80-grano_maiz.pdf.
32. IPB. 2012. Catálogo de semillas 2011/ 2012. (en línea). s.l. s.p. Consultado 12 mar. 2012. Disponible en <http://www.ipbseeds.com.uy>.
33. JARRIGE, R. 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Paris, INRA. 476 p.
34. LARGHERO, S. 2011. Predicción de la energía neta de lactación de ensilajes de sorgo y maíz. Tesis de Maestría. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 54 p.
35. MEDINA, M.; ABADIE, T.; VILARO, D.; CERETTA, S. 2001. Estudio metodológico de adaptación de cultivares de maíz para silo a las condiciones de Uruguay. *Agrociencia (Montevideo)*. 5 (1): 23 – 31.
36. OLIVER, A. L.; PEDERSEN, J. F.; GRANT, R. J.; KLOPFENSTEIN, A. 2005. Comparative effects of the sorghum *bmr-6* and *bmr-12* genes. Forage sorghum yield and quality. *Crop Science*. 45: 2234 – 2239.
37. OZER – AMI, H.; ABADIE, T.; OLVEYRA, M. 1995. Informe final del LAMP – Uruguay. Montevideo, Facultad de Agronomía. 25 p.

38. _____. 1997. Elaboración de una colección núcleo para la colección de germoplasma de maíz de la raza blanco dentado. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 31 p.
39. _____.; SUÁREZ, R.; ABADIE, T. 2004. Elaboración de una colección núcleo para la colección de germoplasma de maíz de la raza Blanco Dentado. Agrocencia (Montevideo). 8 (1): 1 – 10.
40. PADRÓN, M.; LUST, A. 1986. Efecto de la población y la fertilización nitrogenada en la producción de grano y forraje para silo en dos cultivares de maíz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 64 p.
41. PATERNIANI, E.; GOODMAN, M. 1977. Races of maize in Brazil and adjacent areas. México, CIMMYT. 95 p.
42. PAZOS, F. 2008. Maíz transgénico en Uruguay. Montevideo, RAP-AL. 43 p.
43. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA. s.f. Blanco Cangüé; una variedad adaptada y de buena calidad. Montevideo. s.p.
44. _____. _____. 2001. Maíz. Montevideo. 76 p.
45. _____. _____. 2004. Sorgo. Montevideo. 96 p.
46. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS. 2009. Encuesta agrícola invierno 2009. Montevideo. 42 p. (Series Encuestas no. 279).
47. _____. _____. _____. 2011. Anuario Estadístico Agropecuario 2011. Montevideo. s.p.
48. _____. _____. _____. 2012. Resultados de la encuesta agrícola primavera – verano 2011. Montevideo. 3 p.
49. _____. _____. OFICINA DE PROGRAMACIÓN Y POLÍTICA AGROPECUARIA. 2011. Anuario 2011; análisis sectorial, cadenas productivas, temas de política, proyectos, estudios y documentos. Montevideo. pp. 153 – 164.

50. VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feed. 4. Determination of plant cell-wall constituents. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemist.* 50: 50 – 55.
51. VIDAL, R.; BELLENDÁ, F.; ESTRAMIL, E.; FERNÁNDEZ, G.; LAFLUF, P.; OLVEIRA, M.; OZERAMI, H.; VIVO, G. s.f. Obtención de una VPA de maíz exitosa a partir de germoplasma local. Resúmen de ensayo. Montevideo, Facultad de Agronomía. s.p.
52. WILKES, G. 2004. Corn, strange and marvelous; but is a definitive origin known?. In: Wayne Smith, C. ed. *Corn; origin, history, technology, and production.* New York, Wiley and Sons. pp. 3 – 63.

9. ANEXOS

ANEXO 1: Lista de las 17 variables morfológicas y agronómicas del análisis de la caracterización del maíz realizada por De María et al. (1979).

| | | | |
|---|--|----|---|
| 1 | Días a floración masculina | 10 | Longitud de mazorca |
| 2 | Días a floración femenina | 11 | Diámetro de mazorca |
| 3 | Altura de planta | 12 | No. de hileras por mazorca |
| 4 | Altura de mazorca | 13 | Espesor de grano |
| 5 | Prolifricidad (no. mazorcas/ planta) | 14 | Longitud de grano |
| 6 | Macollaje (no. macollos/ planta) | 15 | Ancho de grano |
| 7 | Porcentaje de plantas volcadas | 16 | Peso de 100 granos |
| 8 | Rendimiento de grano (Kg/ há) | 17 | Porcentaje de peso de grano en la mazorca |
| 9 | Rendimiento de forraje residual (Kg MS/há) | | |

ANEXO 2: Resumen del maíz Blanco Cangüé en la Evaluación Nacional de Cultivares – maíz tradicional para ensilaje:

| Período | 1996/1997 | 1997/1998 | 2004/2005 | 2004/2005 | 2005/2006 | 2005/2006 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Año de evaluación | 1 | 2 | - | 3 | 4 | 5 |
| Cultivares evaluados | 36 | 36 | 27 | 27 | 26 | 26 |
| Días a Floración | 76 | 85 | 90 | 71 | 86 | 69 |
| Promedio días a floración | 70 | 81 | 85 | 59 | 82 | 67 |
| Días a Cosecha | 103 | - | - | - | 128 | 109 |
| Fecha de siembra | 24/10/1996 | 17/09/1997 | 17/09/2004 | 22/12/2004 | 20/09/2005 | 02/12/2005 |
| Fecha emergencia | 31/10/1996 | 06/10/1997 | 01/10/2004 | 02/01/2005 | 03/10/2005 | 12/12/2005 |
| Fecha de cosecha | 11/02/1997 | - | - | - | 26/01/2006 | 21/03/2006 |
| Altura de planta (m) | 2,30 | 2,20 | 2,40 | 1,86 | 1,66 | 1,60 |
| Promedio altura de planta (m) | 2,13 | 2,07 | 1,98 | 1,91 | 1,63 | 1,54 |
| Altura de inserción de espiga (m) | 1,60 | 1,10 | 1,30 | 1,10 | 0,64 | 0,75 |
| Promedio altura de espiga (m) | 1,26 | 1,09 | 0,99 | 0,89 | 0,74 | 0,83 |
| Volcado (%) | - | - | - | 30 | 4 | 8 |
| Promedio de volcado (%) | - | - | - | 7 | 1 | 4 |
| Quebrado (%) | - | - | - | 16 | 0 | 0 |
| Promedio de quebrado (%) | - | - | - | 3 | 0 | 1 |
| Kg MS/ há | 27274 | 24069 | - | 14838 | 16321 | 19488 |
| Kg MS/ há respecto a la media (%) | 136 | 105 | - | 106 | 90 | 105 |
| Proporción de espiga en la MS (%) | 45 | 45 | - | - | - | - |
| Proporción respecto a la media (%) | 109 | 73 | - | - | - | - |
| Calidad del forraje | | | | | | |
| DMO | 64,22 | 71,61 | - | - | 65,43 | 69,16 |
| PC | 10,23 | 8,55 | - | 6,91 | 8,33 | 7,49 |
| FDA | 36,21 | 33,43 | - | 40,61 | 37,79 | 36,03 |
| FDN | 71,33 | 75,21 | - | 66,50 | 61,48 | 62,16 |

| | | | | | | |
|---|------|------|---|------|------|------|
| C | 7,14 | 8,03 | - | 8,97 | 9,68 | 8,10 |
| % de área foliar afectada por roya | - | - | - | 5 | - | - |
| promedio roya (%) | - | - | - | 5 | - | - |
| % de área foliar afectada por tizón bacteriano | - | - | - | 0,5 | - | - |
| promedio tizón bacteriano (%) | - | - | - | 3 | - | - |

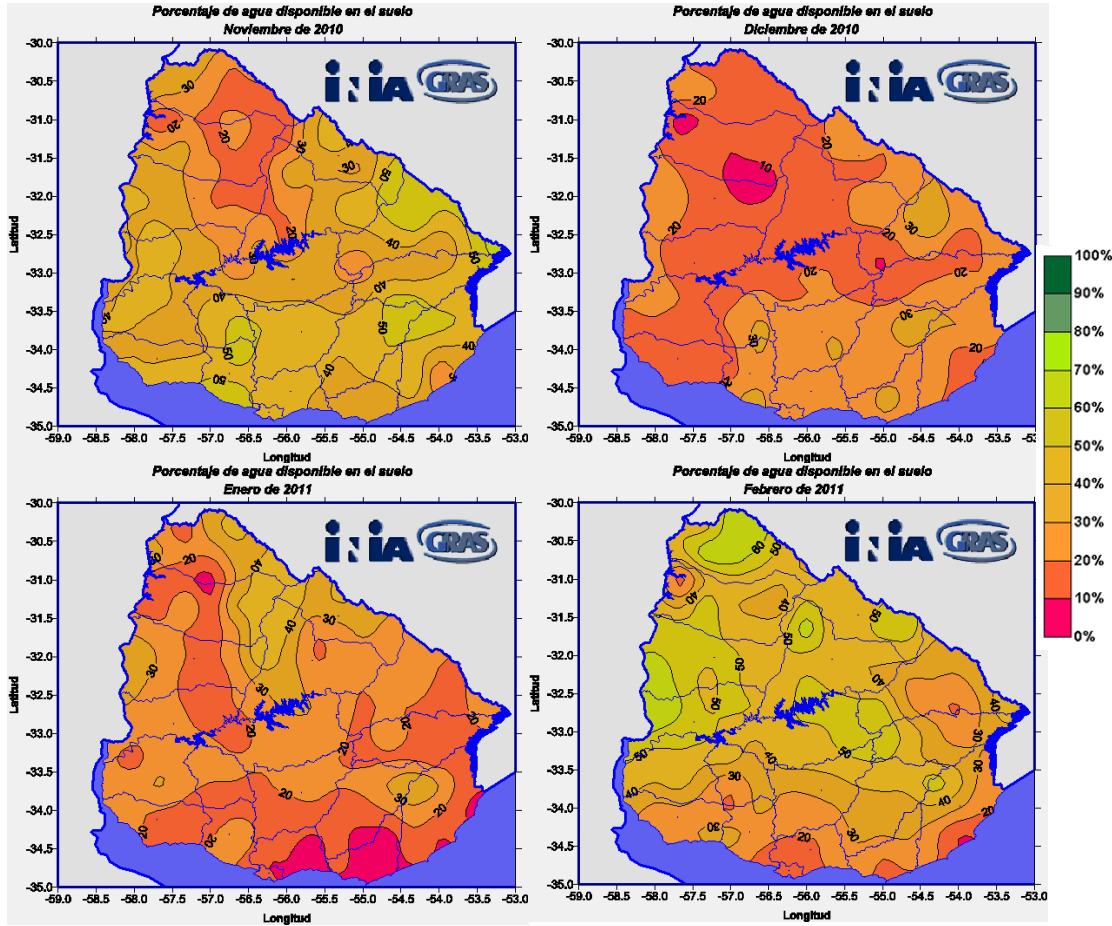
| Período | 2006/2007 | 2008/2009 | 2009/2010 | 2009/2010 | 2011/2012 | 2011/2012 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Año de evaluación | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Cultivares evaluados | 21 | 27 | 20 | 20 | 16 | 16 |
| Días a Floración | 77 | 77 | 74 | 71 | 76 | 59 |
| Promedio días a floración | 74 | 68 | 72 | 64 | 79 | 56 |
| Días a Cosecha | 127 | 102 | 105 | 127 | 126 | 117 |
| Fecha de siembra | 18/09/2006 | 17/10/2008 | 20/10/2009 | 15/12/2009 | 28/09/2011 | 19/12/2011 |
| Fecha emergencia | 03/10/2006 | 24/10/2008 | 29/10/2009 | 22/12/2009 | 12/10/2011 | 25/12/2011 |
| Fecha de cosecha | 23/01/2007 | 27/01/2009 | 02/02/2010 | 21/04/2010 | 31/01/2012 | 13/04/2012 |
| Altura de planta (m) | 2,30 | 1,70 | 2,53 | 1,55 | 2,00 | 3,00 |
| Promedio altura de planta (m) | 2,00 | 1,40 | 2,18 | 1,46 | 1,46 | 1,46 |
| Altura de inserción de espiga (m) | 1,1 | - | 1,78 | 0,70 | 1,20 | 1,40 |
| Promedio altura de espiga (m) | 1,90 | - | 1,05 | 0,59 | 0,59 | 0,59 |
| Volcado (%) | 1,1 | - | - | - | - | - |
| Promedio de volcado (%) | 0,4 | - | - | - | - | - |
| Quebrado (%) | - | - | - | - | - | - |
| Promedio de quebrado (%) | - | - | - | - | - | - |
| Kg MS/ há | 17740 | 6424 | 12331 | 7912 | 6726 | 15353 |
| Kg MS/ há respecto a la media (%) | 102 | 121 | 96 | 98 | 84 | 96 |
| Proporción de espiga en la MS (%) | - | - | - | - | - | - |

| | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Proporción respecto a la media (%) | - | - | - | - | - | - |
| Calidad del forraje | | | | | | |
| MS | - | 32,89 | 27,72 | 35,97 | 26,93 | 34 |
| DMO | 65,76 | - | - | - | - | - |
| PC | 5,24 | 5,45 | 3,96 | 5,61 | 7,85 | 5,72 |
| FDA | 36,15 | 38,81 | 45,32 | 33,77 | 31,32 | 37,79 |
| FDN | 70,11 | 60,02 | 65,34 | 59,62 | 51,55 | 57,36 |
| C | 6,71 | 9,89 | 7,81 | 6,93 | 7,02 | 7,11 |
| % de área foliar afectada por roya | - | - | - | - | - | - |
| promedio roya (%) | - | - | - | - | - | - |
| % de área foliar afectada por tizón bacteriano | - | - | - | - | - | - |
| promedio tizón bacteriano (%) | - | - | - | - | - | - |

Fuente: elaboración propia en base a datos de INASE e INIA (1997, 1998, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2012).

Nota: La temporada 2004/ 2005 no se llegó a cosechar por daños severos debido a temporal. La temporada 2008/ 2009 fue particular debido a la fuerte sequía que incluso hizo adelantar las cosechas.

ANEXO 3: Porcentaje mensual de agua disponible en el suelo en el período de noviembre de 2010 a febrero de 2011.



Fuente: INASE e INIA (2011b).

ANEXO 4: Precipitaciones y temperaturas máximas, mínimas y medias diarias para la estación de meteorología de Facultad de Agronomía, Sayago. Temporada 2010/ 2011.

| Fecha | Temperatura (°C) | | | Pluviometría (mm) |
|-----------|------------------|--------|-------|-------------------|
| | Máxima | Mínima | Media | |
| 01-oct-10 | 13.8 | 9.7 | 11.8 | 0 |
| 02-oct-10 | 17.1 | 8.8 | 13.0 | 0 |
| 03-oct-10 | 21.3 | 6.9 | 14.1 | 0 |
| 04-oct-10 | 22.0 | 8.4 | 15.2 | 0 |
| 05-oct-10 | 23.0 | 10.0 | 16.5 | 0 |
| 06-oct-10 | 24.3 | 11.0 | 17.7 | 0 |
| 07-oct-10 | 18.1 | 15.1 | 16.6 | 0 |
| 08-oct-10 | 17.7 | 13.0 | 15.4 | 0 |
| 09-oct-10 | 17.2 | 12.0 | 14.6 | 0 |
| 10-oct-10 | 19.5 | 9.0 | 14.3 | 0 |
| 11-oct-10 | 21.1 | 9.6 | 15.4 | 0 |
| 12-oct-10 | 23.4 | 8.8 | 16.1 | 0 |
| 13-oct-10 | 26.2 | 11.5 | 18.9 | 3.6 |
| 14-oct-10 | 18.0 | 14.9 | 16.5 | 22.0 |
| 15-oct-10 | 16.1 | 14.0 | 15.1 | 2.0 |
| 16-oct-10 | 16.1 | 12.5 | 14.3 | 0 |
| 17-oct-10 | 15.4 | 10.0 | 12.7 | 0 |
| 18-oct-10 | 16.7 | 11.8 | 14.3 | 0 |
| 19-oct-10 | 22.7 | 9.8 | 16.3 | 0 |
| 20-oct-10 | 26.5 | 11.9 | 19.2 | 0 |
| 21-oct-10 | 25.8 | 12.8 | 19.3 | 0 |
| 22-oct-10 | 16.5 | 14.4 | 15.5 | 0 |
| 23-oct-10 | 15.2 | 9.6 | 12.4 | 0 |
| 24-oct-10 | 17.4 | 12.2 | 14.8 | 0 |
| 25-oct-10 | 17.9 | 8.2 | 13.1 | 0 |
| 26-oct-10 | 16.8 | 11.5 | 14.2 | 0 |
| 27-oct-10 | 19.3 | 10.6 | 15.0 | 0 |
| 28-oct-10 | 19.5 | 12.6 | 16.1 | 0 |
| 29-oct-10 | 22.2 | 11.7 | 17.0 | 16.5 |
| 30-oct-10 | 17.2 | 11.8 | 14.5 | 0.4 |
| 31-oct-10 | 18.2 | 10.2 | 14.2 | 0 |

| | | | | |
|-----------|------|------|------|------|
| 01-nov-10 | 16.5 | 12.4 | 14.5 | 0 |
| 02-nov-10 | 20.2 | 9.9 | 15.1 | 0 |
| 03-nov-10 | 29.7 | 11.5 | 20.6 | 3.3 |
| 04-nov-10 | 20.2 | 15.1 | 17.7 | 0 |
| 05-nov-10 | 23.3 | 12.6 | 18.0 | 0 |
| 06-nov-10 | 24.6 | 11.9 | 18.3 | 0 |
| 07-nov-10 | 31.5 | 13.5 | 22.5 | 0 |
| 08-nov-10 | 19.9 | 14.2 | 17.1 | 13.4 |
| 09-nov-10 | 15.3 | 9.7 | 12.5 | 0 |
| 10-nov-10 | 14.4 | 10.8 | 12.6 | 0 |
| 11-nov-10 | 16.3 | 8.6 | 12.5 | 0 |
| 12-nov-10 | 21.2 | 12.1 | 16.7 | 0 |
| 13-nov-10 | 21.1 | 9.9 | 15.5 | 0 |
| 14-nov-10 | 22.5 | 12.1 | 17.3 | 0 |
| 15-nov-10 | 21.1 | 15.2 | 18.2 | 0 |
| 16-nov-10 | 21.1 | 15.4 | 18.3 | 1.1 |
| 17-nov-10 | 18.1 | 14.3 | 16.2 | 0.5 |
| 18-nov-10 | 21.6 | 14.1 | 17.9 | 0 |
| 19-nov-10 | 27.0 | 13.3 | 20.2 | 0 |
| 20-nov-10 | 27.2 | 17.9 | 22.6 | 0 |
| 21-nov-10 | 25.7 | 14.1 | 19.9 | 0 |
| 22-nov-10 | 22.0 | 16.6 | 19.3 | 0 |
| 23-nov-10 | 22.0 | 16.5 | 19.3 | 0 |
| 24-nov-10 | 25.1 | 13.5 | 19.3 | 0 |
| 25-nov-10 | 27.4 | 15.5 | 21.5 | 0 |
| 26-nov-10 | 30.1 | 15.8 | 23.0 | 3.0 |
| 27-nov-10 | 26.5 | 17.3 | 21.9 | 0 |
| 28-nov-10 | 19.0 | 15.7 | 17.4 | 0 |
| 29-nov-10 | 23.7 | 11.2 | 17.5 | 0 |
| 30-nov-10 | 25.5 | 12.4 | 19.0 | 0 |
| 01-dic-10 | 32.4 | 15.0 | 23.7 | 0 |
| 02-dic-10 | 28.7 | 18.5 | 23.6 | 0 |
| 03-dic-10 | 23.5 | 17.6 | 20.6 | 0 |
| 04-dic-10 | 27.7 | 11.7 | 19.7 | 0 |
| 05-dic-10 | 23.3 | 17.1 | 20.2 | 0 |
| 06-dic-10 | 30.9 | 10.9 | 20.9 | 0 |

| | | | | |
|-----------|------|------|------|------|
| 07-dic-10 | 32.8 | 16.6 | 24.7 | 0 |
| 08-dic-10 | 26.0 | 19.0 | 22.5 | 0 |
| 09-dic-10 | 27.9 | 12.5 | 20.2 | 0 |
| 10-dic-10 | 30.9 | 15.4 | 23.2 | 1.5 |
| 11-dic-10 | 27.5 | 17.3 | 22.4 | 14.9 |
| 12-dic-10 | 15.1 | 12.2 | 13.7 | 9.4 |
| 13-dic-10 | 23.6 | 8.1 | 15.9 | 0 |
| 14-dic-10 | 29.6 | 14.9 | 22.3 | 0 |
| 15-dic-10 | 32.1 | 17.5 | 24.8 | 0 |
| 16-dic-10 | 32.0 | 16.7 | 24.4 | 0 |
| 17-dic-10 | 32.6 | 19.0 | 25.8 | 2.6 |
| 18-dic-10 | 21.1 | 18.9 | 20.0 | 0 |
| 19-dic-10 | 25.8 | 16.1 | 21.0 | 0 |
| 20-dic-10 | 30.6 | 17.6 | 24.1 | 0 |
| 21-dic-10 | 33.1 | 19.9 | 26.5 | 0 |
| 22-dic-10 | 33.9 | 20.4 | 27.2 | 0 |
| 23-dic-10 | 34.9 | 17.0 | 26.0 | 0 |
| 24-dic-10 | 28.1 | 22.9 | 25.5 | 0 |
| 25-dic-10 | 33.9 | 18.9 | 26.4 | 0 |
| 26-dic-10 | 28.4 | 22.7 | 25.6 | 0 |
| 27-dic-10 | 35.6 | 19.2 | 27.4 | 0 |
| 28-dic-10 | 30.5 | 18.3 | 24.4 | 0 |
| 29-dic-10 | 27.4 | 18.4 | 22.9 | 0 |
| 30-dic-10 | 27.5 | 18.3 | 22.9 | 0 |
| 31-dic-10 | 27.2 | 18.6 | 22.9 | 0 |
| 01-ene-11 | 26.2 | 18.0 | 22.1 | 0 |
| 02-ene-11 | 26.7 | 18.9 | 22.8 | 0 |
| 03-ene-11 | 27.3 | 19.6 | 23.5 | 0 |
| 04-ene-11 | 27.6 | 19.5 | 23.6 | 0 |
| 05-ene-11 | 26.6 | 19.6 | 23.1 | 0.2 |
| 06-ene-11 | 32.6 | 19.9 | 26.3 | 0 |
| 07-ene-11 | 30.4 | 18.7 | 24.6 | 0 |
| 08-ene-11 | 29.2 | 20.8 | 25.0 | 1.2 |
| 09-ene-11 | 30.1 | 19.9 | 25.0 | 0 |
| 10-ene-11 | 28.4 | 19.9 | 24.2 | 0 |
| 11-ene-11 | 28.3 | 19.4 | 23.9 | 0.8 |

| | | | | |
|-----------|------|------|------|------|
| 12-ene-11 | 26.5 | 19.0 | 22.8 | 0 |
| 13-ene-11 | 28.0 | 15.4 | 21.7 | 0 |
| 14-ene-11 | 31.7 | 18.9 | 25.3 | 0 |
| 15-ene-11 | 28.4 | 19.7 | 24.1 | 0 |
| 16-ene-11 | 26.8 | 21.6 | 24.2 | 5.8 |
| 17-ene-11 | 26.0 | 19.4 | 22.7 | 0 |
| 18-ene-11 | 28.6 | 14.3 | 21.5 | 0 |
| 19-ene-11 | 28.9 | 18.1 | 23.5 | 0 |
| 20-ene-11 | 25.8 | 19.6 | 22.7 | 0.9 |
| 21-ene-11 | 29.1 | 13.9 | 21.5 | 0 |
| 22-ene-11 | 30.3 | 16.9 | 23.6 | 0 |
| 23-ene-11 | 32.6 | 19.2 | 25.9 | 0 |
| 24-ene-11 | 33.7 | 16.8 | 25.3 | 0 |
| 25-ene-11 | 35.7 | 20.4 | 28.1 | 0 |
| 26-ene-11 | 35.6 | 23.6 | 29.6 | 0 |
| 27-ene-11 | 26.3 | 22.6 | 24.5 | 0 |
| 28-ene-11 | 31.1 | 19.1 | 25.1 | 0 |
| 29-ene-11 | 28.2 | 20.1 | 24.2 | 0 |
| 30-ene-11 | 32.2 | 16.7 | 24.5 | 0 |
| 31-ene-11 | 29.7 | 21.7 | 25.7 | 21.6 |
| 01-feb-11 | 23.0 | 18.6 | 20.8 | 0 |
| 02-feb-11 | 29.4 | 12.6 | 21.0 | 0 |
| 03-feb-11 | | 17.5 | 17.5 | 0 |
| 04-feb-11 | | 21.8 | 21.8 | 0 |
| 05-feb-11 | | 17.3 | 17.3 | 0 |
| 06-feb-11 | | 17.5 | | 0 |
| 07-feb-11 | 26.0 | | | 3.8 |
| 08-feb-11 | 22.6 | 16.4 | 19.5 | 8.6 |
| 09-feb-11 | 23.9 | 19.2 | 21.6 | 0 |
| 10-feb-11 | 25.0 | 19.2 | 22.1 | 0 |
| 11-feb-11 | 24.7 | 16.0 | 20.4 | 0 |
| 12-feb-11 | 26.5 | 15.0 | 20.8 | 0 |
| 13-feb-11 | 27.5 | 11.8 | 19.7 | 0 |
| 14-feb-11 | 26.5 | 19.5 | 23.0 | 0 |
| 15-feb-11 | 32.1 | 14.5 | 23.3 | 0 |
| 16-feb-11 | 31.5 | 16.0 | 23.8 | 0 |

| | | | | |
|-----------|------|------|------|------|
| 17-feb-11 | 33.0 | 20.4 | 26.7 | 0 |
| 18-feb-11 | 28.0 | 22.5 | 25.3 | 60.3 |
| 19-feb-11 | 25.9 | 20.6 | 23.3 | 0.8 |
| 20-feb-11 | 26.0 | 20.5 | 23.3 | 0 |
| 21-feb-11 | 26.0 | 19.0 | 22.5 | 0 |
| 22-feb-11 | 26.7 | 19.3 | 23.0 | 0 |
| 23-feb-11 | 24.9 | 19.0 | 22.0 | 7.8 |
| 24-feb-11 | 23.0 | 18.5 | 20.8 | 5.4 |
| 25-feb-11 | 24.0 | 19.0 | 21.5 | 0 |
| 26-feb-11 | | 11.5 | | 0 |
| 27-feb-11 | 27.0 | | | 0 |
| 28-feb-11 | 26.0 | 15.0 | 20.5 | 0 |
| 01-mar-11 | 25.6 | 15.0 | 20.3 | 0 |
| 02-mar-11 | 28.5 | 15.7 | 22.1 | 0 |
| 03-mar-11 | 28.7 | 16.0 | 22.4 | 0 |
| 04-mar-11 | 27.8 | 19.0 | 23.4 | 0 |
| 05-mar-11 | 27.1 | 18.6 | 22.9 | 0 |
| 06-mar-11 | 29.2 | 18.2 | 23.7 | 0 |
| 07-mar-11 | 29.9 | 17.1 | 23.5 | 0 |
| 08-mar-11 | 27.1 | 21.0 | 24.1 | 0 |
| 09-mar-11 | 31.1 | 19.6 | 25.4 | 0 |
| 10-mar-11 | 28.9 | 20.1 | 24.5 | 0 |
| 11-mar-11 | 32.0 | 20.0 | 26.0 | 0 |
| 12-mar-11 | 32.9 | 19.6 | 26.3 | 22.1 |
| 13-mar-11 | 20.6 | 14.3 | 17.5 | 0 |
| 14-mar-11 | 20.6 | 15.4 | 18.0 | 0 |
| 15-mar-11 | 22.0 | 15.4 | 18.7 | 1.1 |
| 16-mar-11 | 24.9 | 16.0 | 20.5 | 5.9 |
| 17-mar-11 | 23.5 | 17.9 | 20.7 | 0.4 |
| 18-mar-11 | 23.7 | 16.6 | 20.2 | 0 |
| 19-mar-11 | 24.2 | 11.9 | 18.1 | 0 |
| 20-mar-11 | 23.6 | 12.7 | 18.2 | 0 |
| 21-mar-11 | 30.0 | 12.6 | 21.3 | 0 |
| 22-mar-11 | 31.5 | 18.9 | 25.2 | 1.8 |
| 23-mar-11 | 20.2 | 18.1 | 19.2 | 23.0 |
| 24-mar-11 | 21.6 | 16.9 | 19.3 | 0 |

| | | | | |
|-----------|------|------|------|---|
| 25-mar-11 | 21.8 | 14.4 | 18.1 | 0 |
| 26-mar-11 | 23.6 | 14.3 | 19.0 | 0 |
| 27-mar-11 | 19.8 | 16.2 | 18.0 | 0 |
| 28-mar-11 | 20.9 | 10.1 | 15.5 | 0 |
| 29-mar-11 | 24.5 | 11.8 | 18.2 | 0 |
| 30-mar-11 | 25.4 | 13.0 | 19.2 | 0 |
| 31-mar-11 | 27.7 | 13.0 | 20.4 | 0 |

Nota: Celdas en color equivalen al período durante el que transcurrieron los cultivos del ensayo.

ANEXO 5: Composición morfológica de la materia seca del maíz Blanco Cangüé, ensayo 1.

| Tmto. | Rep. | Hojas (g) | %H | Tallo (g) | %T | Panojas (g) | %P | Espigas (g) | %E |
|-------|------|-----------|-------|-----------|-------|-------------|------|-------------|-------|
| 1 | A | 135 | 14.86 | 368 | 40.61 | 23 | 2.57 | 381 | 41.96 |
| 1 | B | 146 | 12.18 | 402 | 33.62 | 27 | 2.24 | 622 | 51.96 |
| 1 | C | 385 | 9.44 | 1492 | 36.58 | 57 | 1.40 | 2144 | 52.58 |
| 2 | A | 225 | 13.09 | 561 | 32.65 | 38 | 2.19 | 894 | 52.06 |
| 2 | B | 343 | 8.73 | 1069 | 27.21 | 62 | 1.57 | 2455 | 62.50 |
| 2 | C | 415 | 9.87 | 1716 | 40.78 | 66 | 1.58 | 2010 | 47.78 |
| 3 | A | 266 | 11.86 | 729 | 32.55 | 39 | 1.72 | 1206 | 53.86 |
| 3 | B | 429 | 9.84 | 1425 | 32.69 | 62 | 1.43 | 2442 | 56.04 |
| 3 | C | 256 | 11.23 | 683 | 29.99 | 40 | 1.74 | 1299 | 57.04 |
| 4 | A | 175 | 12.41 | 296 | 20.96 | 30 | 2.13 | 910 | 64.50 |
| 4 | B | 140 | 12.00 | 310 | 26.55 | 27 | 2.27 | 690 | 59.18 |
| 4 | C | 145 | 11.27 | 387 | 30.03 | 28 | 2.14 | 728 | 56.57 |
| 5 | A | 130 | 14.44 | 336 | 37.17 | 18 | 1.99 | 419 | 46.39 |
| 5 | B | 150 | 7.87 | 600 | 31.54 | 26 | 1.37 | 1126 | 59.22 |
| 5 | C | 87 | 7.32 | 321 | 27.14 | 18 | 1.55 | 756 | 63.99 |

ANEXO 6: Rendimientos obtenidos según tratamiento y repetición.

| Tratamiento | Rendimiento (Kg MS/há) | | | | |
|--------------|------------------------|-------|-------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Repetición A | 15213 | 7868 | 11295 | 3238 | 2751 |
| Repetición B | 20800 | 15339 | 17132 | 3675 | 5456 |
| Repetición C | 18091 | 20135 | 8340 | 3714 | 3265 |
| Promedio | 18035 | 14448 | 12256 | 3542 | 3824 |

ANEXO 7: Variación del peso vivo de los animales; sorgo *bmr* 1000 y sorgo dulce M81-E.

| | No. de jaula | No. de caravana | 18/05/2010 | 15/06/2010 |
|-----------------------|--------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| | | | Peso inicial (Kg) | Peso final (Kg) |
| Sorgo dulce M81-E | 1 | 906 | 80,5 | 71,5 |
| | 2 | 348 | 61 | 55,5 |
| | 3 | 806 | 80,5 | 69 |
| | 4 | 13 | 60 | 55 |
| | 5 | S/N | 64 | 55 |
| | 6 | 5 | 68,5 | 59 |
| Sorgo <i>bmr</i> 1000 | 7 | 146 | 70,5 | 65 |
| | 8 | 136 | 73 | 62 |
| | 9 | 20 | 67 | 63 |
| | 10 | 15 | 75 | 68 |
| | 11 | 206 | 71 | 58 |
| | 12 | 503 | 88,5 | 77 |

Variación del peso vivo de los animales; maíz blanco Cangüé.

| | | | 15/06/2010 | 27/06/2010 |
|--------------------|--------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| | | | Peso inicial (Kg) | Peso final (Kg) |
| Maíz Blanco Cangüé | No. de jaula | No. de caravana | | |
| | 3 | 806 | 69 | 62,5 |
| | 4 | 13 | 55 | 56,5 |
| | 7 | 146 | 65 | 62,5 |
| | 8 | 136 | 62 | 56,5 |
| | 9 | 20 | 63 | 55,5 |
| | 10 | 15 | 68 | 64,5 |

ANEXO 8: Composición química de los rechazos de los ensilados de maíz Blanco Cangüé, sorgo dulce M – 81E y sorgo *bmr* 1000.

| Material | % Base seca | | | | | | EB (Mcal/ kg MS) |
|-----------------------|---------------|-------|---------|-------------------|-------------------|------|---------------------------|
| | No. animal | MS | Cenizas | FDN _{mo} | FDA _{mo} | LDA | |
| Maíz Blanco Cangüé | 1 | 90.02 | 6.17 | 52.45 | 31.39 | 3.09 | 4.13 |
| Maíz Blanco Cangüé | 2 | 90.01 | 6.41 | 58.93 | 32.33 | 1.76 | 3.94 |
| Maíz Blanco Cangüé | 3 | 89.68 | 6.49 | 53.02 | 29.16 | 1.78 | 4.47 |
| Maíz Blanco Cangüé | 4 | 90.34 | 5.72 | 50.72 | 27.26 | 2.57 | 4.21 |
| Maíz Blanco Cangüé | 5 | 89.47 | 6.27 | 56.54 | 30.84 | 2.30 | 4.01 |
| Maíz Blanco Cangüé | 6 | 89.96 | 6.25 | 61.38 | 33.80 | 1.22 | 3.48 |
| Sorgo dulce M81 - E | 1 | 89.26 | 5.26 | 63.79 | 38.70 | 4.14 | 3.61 |
| Sorgo dulce M81 - E | 2 | 89.66 | 4.88 | 61.51 | 38.61 | 6.36 | 3.96 |
| Sorgo dulce M81 - E | 3 | 88.07 | 5.93 | 57.07 | 35.10 | 6.15 | 3.71 |
| Sorgo dulce M81 - E | 4 | 88.38 | 6.16 | 57.49 | 34.94 | 5.67 | 3.99 |
| Sorgo dulce M81 - E | 5 | 88.63 | 6.03 | 57.63 | 35.25 | 5.51 | 4.16 |
| Sorgo dulce M81 - E | 6 | 88.55 | 5.98 | 53.66 | 32.39 | 5.83 | 3.99 |
| Sorgo <i>bmr</i> 1000 | 7 | 90.45 | 8.85 | 60.32 | 35.34 | 5.21 | 3.92 |
| Sorgo <i>bmr</i> 1000 | 8 | 90.62 | 8.53 | 60.90 | 35.90 | 5.28 | 3.84 |
| Sorgo <i>bmr</i> 1000 | 9 | 90.17 | 8.64 | 58.31 | 35.09 | 3.91 | 3.73 |
| Sorgo <i>bmr</i> 1000 | 10 | 90.00 | 8.80 | 60.30 | 35.12 | 4.47 | 3.97 |
| Sorgo <i>bmr</i> 1000 | 11 | 90.33 | 9.15 | 61.80 | 35.32 | 4.79 | 3.94 |
| Sorgo <i>bmr</i> 1000 | 12 | 90.28 | 8.93 | 59.82 | 35.21 | 4.40 | 3.71 |

ANEXO 9: Composición química de las heces de los ensilados de maíz Blanco Cangué, sorgo dulce M – 81E y sorgo *bmr* 1000.

| Material | No. animal | % Base seca | | | | | EB (Mcal/kg MS) |
|-----------------------|------------|-------------|---------|-------------------|-------------------|-------|-----------------|
| | | MS | Cenizas | FDN _{mo} | FDA _{mo} | LDA | |
| Maíz Blanco Cangué | 1 | 91.90 | 13.63 | 61.99 | 32.14 | 10.08 | 3.82 |
| Maíz Blanco Cangué | 2 | 91.73 | 11.04 | 68.76 | 47.69 | 30.52 | 4.53 |
| Maíz Blanco Cangué | 3 | 91.72 | 12.90 | 64.36 | 35.74 | 9.62 | 4.09 |
| Maíz Blanco Cangué | 4 | 91.55 | 14.49 | 61.68 | 37.49 | 14.73 | 3.76 |
| Maíz Blanco Cangué | 5 | 92.20 | 12.20 | 64.67 | 36.09 | 8.75 | 3.72 |
| Maíz Blanco Cangué | 6 | 92.13 | 11.94 | 66.92 | 40.49 | 15.01 | 3.47 |
| Sorgo dulce M81 - E | 1 | 92.84 | 12.52 | 69.36 | 42.92 | 15.80 | 3.86 |
| Sorgo dulce M81 - E | 2 | 82.36 | 12.92 | 68.44 | 43.85 | 22.21 | 3.49 |
| Sorgo dulce M81 - E | 3 | 93.14 | 11.57 | 68.66 | 43.08 | 15.21 | 3.65 |
| Sorgo dulce M81 - E | 4 | 92.11 | 11.23 | 70.43 | 45.80 | 22.55 | 3.84 |
| Sorgo dulce M81 - E | 5 | 91.18 | 13.34 | 67.08 | 46.89 | 20.18 | 4.12 |
| Sorgo dulce M81 - E | 6 | 91.92 | 9.69 | 71.72 | 47.14 | 19.90 | 4.16 |
| Sorgo <i>bmr</i> 1000 | 7 | 92.78 | 14.95 | 67.34 | 39.88 | 15.22 | 3.85 |
| Sorgo <i>bmr</i> 1000 | 8 | 90.98 | 15.64 | 64.15 | 41.68 | 16.38 | 3.95 |
| Sorgo <i>bmr</i> 1000 | 9 | 91.76 | 15.20 | 70.26 | 42.64 | 16.14 | 4.07 |
| Sorgo <i>bmr</i> 1000 | 10 | 92.85 | 15.57 | 67.69 | 41.59 | 16.42 | 4.23 |
| Sorgo <i>bmr</i> 1000 | 11 | 92.03 | 14.18 | 63.69 | 40.80 | 17.85 | 4.10 |
| Sorgo <i>bmr</i> 1000 | 12 | 92.07 | 15.13 | 67.53 | 44.41 | 20.52 | 3.96 |

ANEXO 10

Análisis de la varianza del ensayo 1:

Procedimiento GLM (General Linear Models).

Información de nivel de clase:

| Clase | Niveles | Valores |
|--------------|---------|-----------|
| Tratamientos | 5 | 1 2 3 4 5 |

Número de observaciones leídas: 15.

Número de observaciones usadas: 15.

Variable dependiente: **Población.**

| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F - Valor | P > F |
|-----------------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Modelo | 4 | 1741853179 | 435463295 | 16,31 | 0,0002 |
| Error | 10 | 267054019 | 26705402 | | |
| Total corregido | 14 | 2008907198 | | | |

| R - cuadrado | Coef. de var. | Raíz MSE | Población media |
|--------------|---------------|----------|-----------------|
| 0,867065 | 13,9528 | 5167,727 | 37037,2 |

| Fuente | DF | Tipo I SS | F - Valor | P > F |
|-------------|----|-------------|-----------|--------|
| Tratamiento | 4 | 1741853179 | 16,31 | 0,0002 |
| Fuente | DF | Tipo III SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 4 | 1741853179 | 16,31 | 0,0002 |

Variable dependiente: **Rendimiento de materia seca.**

| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F - Valor | P > F |
|-----------------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Modelo | 4 | 505145237,7 | 126286309,4 | 9,26 | 0,0021 |
| Error | 10 | 136345168,7 | 13634516,9 | | |
| Total corregido | 14 | 641490406,4 | | | |

| | | | |
|--------------|---------------|----------|---------------|
| R - cuadrado | Coef. de var. | Raíz MSE | Rto. MS medio |
| 0,787456 | 35,43389 | 3692,495 | 10420,80 |

| | | | | |
|-------------|----|-------------|-----------|--------|
| Fuente | DF | Tipo I SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 4 | 505145237,7 | 9,26 | 0,0021 |
| Fuente | DF | Tipo III SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 4 | 505145237,7 | 9,26 | 0,0021 |

Variable dependiente: **Rendimiento de materia fresca.**

| | | | | | |
|-----------------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F - Valor | P > F |
| Modelo | 4 | 1239812124 | 309953031 | 10,51 | 0,0013 |
| Error | 10 | 295047063 | 29504706 | | |
| Total corregido | 14 | 1534859187 | | | |

| | | | |
|--------------|---------------|----------|---------------|
| R - cuadrado | Coef. de var. | Raíz MSE | Rto. MF media |
| 0,807769 | 26,92496 | 5431,823 | 20173,93 |

| | | | | |
|-------------|----|-------------|-----------|--------|
| Fuente | DF | Tipo I SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 4 | 1239812124 | 10,51 | 0,0013 |
| Fuente | DF | Tipo III SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 4 | 1239812124 | 10,51 | 0,0013 |

Variable dependiente: **Porcentaje de materia seca.**

| | | | | | |
|-----------------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F - Valor | P > F |
| Modelo | 4 | 1065,796000 | 266,449000 | 10,20 | 0,0015 |
| Error | 10 | 261,293333 | 26,129333 | | |
| Total corregido | 14 | 1327,089333 | | | |

| | | | |
|--------------|---------------|----------|---------------------|
| R - cuadrado | Coef. de var. | Raíz MSE | Porcentaje MS media |
| 0,803108 | 10,67009 | 5,111686 | 47,90667 |

| | | | | |
|-------------|----|-------------|-----------|--------|
| Fuente | DF | Tipo I SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 4 | 1065,796000 | 10,20 | 0,0015 |
| Fuente | DF | Tipo III SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 4 | 1065,796000 | 10,20 | 0,0015 |

Variable dependiente: **Hoja.**

| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F - Valor | P > F |
|-----------------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Modelo | 4 | 10,80266667 | 2,70066667 | 0,45 | 0,7673 |
| Error | 10 | 59,38666667 | 5,93866667 | | |
| Total corregido | 14 | 70,18933333 | | | |

| R - cuadrado | Coef. de var. | Raíz MSE | Hoja media |
|--------------|---------------|----------|------------|
| 0,153908 | 21,96759 | 2,436938 | 11,09333 |

| Fuente | DF | Tipo I SS | F - Valor | P > F |
|-------------|----|-------------|-----------|--------|
| Tratamiento | 4 | 10,80266667 | 0,45 | 0,7673 |
| Fuente | DF | Tipo III SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 4 | 10,80266667 | 0,45 | 0,7673 |

Variable dependiente: **Tallo.**

| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F - Valor | P > F |
|-----------------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Modelo | 4 | 193,4040000 | 48,3510000 | 2,24 | 0,1369 |
| Error | 10 | 215,5533333 | 21,5553333 | | |
| Total corregido | 14 | 408,9573333 | | | |

| R - cuadrado | Coef. de var. | Raíz MSE | Tallo media |
|--------------|---------------|----------|-------------|
| 0,472920 | 14,50262 | 4,642772 | 32,01333 |

| Fuente | DF | Tipo I SS | F - Valor | P > F |
|-------------|----|-------------|-----------|--------|
| Tratamiento | 4 | 193,4040000 | 2,24 | 0,1369 |
| Fuente | DF | Tipo III SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 4 | 193,4040000 | 2,24 | 0,1369 |

Variable dependiente: **Panoja.**

| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F - Valor | P > F |
|-----------------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Modelo | 4 | 0,77733333 | 0,19433333 | 1,52 | 0,2693 |
| Error | 10 | 1,28000000 | 0,12800000 | | |
| Total corregido | 14 | 2,05733333 | | | |

| | | | |
|--------------|---------------|----------|--------------|
| R - cuadrado | Coef. de var. | Raíz MSE | Panoja media |
| 0,377835 | 19,30418 | 0,357771 | 1,853333 |

| | | | | |
|-------------|----|-------------|-----------|--------|
| Fuente | DF | Tipo I SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 4 | 0,77733333 | 1,52 | 0,2693 |
| Fuente | DF | Tipo III SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 4 | 0,77733333 | 1,52 | 0,2693 |

Variable dependiente: **Espiga.**

| | | | | | |
|-----------------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F - Valor | P > F |
| Modelo | 4 | 201,3506667 | 50,3376667 | 1,30 | 0,3351 |
| Error | 10 | 388,1266667 | 38,8126667 | | |
| Total corregido | 14 | 589,4773333 | | | |

| | | | |
|--------------|---------------|----------|--------------|
| R - cuadrado | Coef. de var. | Raíz MSE | Espiga media |
| 0,341575 | 11,31627 | 6,229981 | 55,05333 |

| | | | | |
|-------------|----|-------------|-----------|--------|
| Fuente | DF | Tipo I SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 4 | 201,3506667 | 1,30 | 0,3351 |
| Fuente | DF | Tipo III SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 4 | 201,3506667 | 1,30 | 0,3351 |

Procedimiento GLM (General Linear Models).

Medias de Cuadrados Mínimos (Least Squares Means; LS Mean).

Medias de Cuadrados Mínimos para el efecto tratamiento
 $Pr > |t|$ para $H_0: Media LS(i) = Media LS(j)$.

Variable dependiente: **Población.**

| Trat. | LS Mean | i / j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 49206,6667 | 1 | - | 0,2854 | 0,1978 | 0,0002 | 0,0001 |
| 2 | 44444,6667 | 2 | 0,2854 | - | 0,8070 | 0,0009 | 0,0005 |
| 3 | 43386,3333 | 3 | 0,1978 | 0,8070 | - | 0,0014 | 0,0008 |
| 4 | 24867,6667 | 4 | 0,0002 | 0,0009 | 0,0014 | - | 0,7147 |
| 5 | 23280,6667 | 5 | 0,0001 | 0,0005 | 0,0008 | 0,7147 | - |

Variable dependiente: **Rendimiento de materia seca.**

| Trat. | LS Mean | i / j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 18034,6667 | 1 | - | 0,2616 | 0,0843 | 0,0007 | 0,0008 |
| 2 | 14447,3333 | 2 | 0,2616 | - | 0,4839 | 0,0047 | 0,0055 |
| 3 | 12255,6667 | 3 | 0,0843 | 0,4839 | - | 0,0161 | 0,0189 |
| 4 | 3542,3333 | 4 | 0,0007 | 0,0047 | 0,0161 | - | 0,9274 |
| 5 | 3824,0000 | 5 | 0,0008 | 0,0055 | 0,0189 | 0,9274 | - |

Variable dependiente: **Rendimiento de materia fresca.**

| Trat. | LS Mean | i / j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 30871,3333 | 1 | - | 0,5033 | 0,1159 | 0,0011 | 0,0005 |
| 2 | 27791,6667 | 2 | 0,5033 | - | 0,3285 | 0,0032 | 0,0013 |
| 3 | 23236,0000 | 3 | 0,1159 | 0,3285 | - | 0,0179 | 0,0071 |
| 4 | 10697,3333 | 4 | 0,0011 | 0,0032 | 0,0179 | - | 0,5967 |
| 5 | 8273,3333 | 5 | 0,0005 | 0,0013 | 0,0071 | 0,5967 | - |

Variable dependiente: **Porcentaje de materia seca.**

| Trat. | LS Mean | i / j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 58,4000000 | 1 | - | 0,0877 | 0,1601 | 0,0001 | 0,0105 |
| 2 | 50,5000000 | 2 | 0,0877 | - | 0,7152 | 0,0020 | 0,2412 |
| 3 | 52,0666667 | 3 | 0,1601 | 0,7152 | - | 0,0011 | 0,1360 |
| 4 | 33,2666667 | 4 | 0,0001 | 0,0020 | 0,0011 | - | 0,0163 |
| 5 | 45,3000000 | 5 | 0,0105 | 0,2412 | 0,1360 | 0,0163 | - |

Variable dependiente: **Hoja.**

| Trat. | LS Mean | i / j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 12,1666667 | 1 | - | 0,4400 | 0,5599 | 0,8960 | 0,2746 |
| 2 | 10,5666667 | 2 | 0,4400 | - | 0,8447 | 0,5180 | 0,7323 |
| 3 | 10,9666667 | 3 | 0,5599 | 0,8447 | - | 0,6491 | 0,5925 |
| 4 | 11,9000000 | 4 | 0,8960 | 0,5180 | 0,6491 | - | 0,3309 |
| 5 | 9,8666667 | 5 | 0,2746 | 0,7323 | 0,5925 | 0,3309 | - |

Variable dependiente: **Tallo.**

| Trat. | LS Mean | i / j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|-------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 36,93333333 | 1 | - | 0,3953 | 0,2028 | 0,0153 | 0,2166 |
| 2 | 33,56666667 | 2 | 0,3953 | - | 0,6451 | 0,0697 | 0,6757 |
| 3 | 31,76666667 | 3 | 0,2028 | 0,6451 | - | 0,1507 | 0,9658 |
| 4 | 25,86666667 | 4 | 0,0153 | 0,0697 | 0,1507 | - | 0,1406 |
| 5 | 31,93333333 | 5 | 0,2166 | 0,6757 | 0,9658 | 0,1406 | - |

Variable dependiente: **Panoja.**

| Trat. | LS Mean | i / j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|-------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 2,066666667 | 1 | - | 0,3828 | 0,1412 | 0,7392 | 0,1688 |
| 2 | 1,800000000 | 2 | 0,3828 | - | 0,5091 | 0,2379 | 0,5809 |
| 3 | 1,600000000 | 3 | 0,1412 | 0,5091 | - | 0,0811 | 0,9114 |
| 4 | 2,166666667 | 4 | 0,7392 | 0,2379 | 0,0811 | - | 0,0979 |
| 5 | 1,633333333 | 5 | 0,1688 | 0,5809 | 0,9114 | 0,0979 | - |

Variable dependiente: **Espiga.**

| Trat. | LS Mean | i / j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|-------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 48,86666667 | 1 | - | 0,3249 | 0,2130 | 0,0517 | 0,1627 |
| 2 | 54,13333333 | 2 | 0,3249 | - | 0,7741 | 0,2680 | 0,6472 |
| 3 | 55,63333333 | 3 | 0,2130 | 0,7741 | - | 0,4005 | 0,8631 |
| 4 | 60,10000000 | 4 | 0,0517 | 0,2680 | 0,4005 | - | 0,4992 |
| 5 | 56,53333333 | 5 | 0,1627 | 0,6472 | 0,8631 | 0,4992 | - |

ANEXO 11

Análisis de la varianza del ensayo 2:

Procedimiento GLM (General Linear Models).

Información de nivel de clase:

| Clase | Niveles | Valores |
|--------------|---------|---------|
| Tratamientos | 3 | 1 2 3 |

Número de observaciones leídas: 17.

Número de observaciones usadas: 17.

Variable dependiente: **Consumo de materia seca como porcentaje del peso metabólico.**

| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F - Valor | P > F |
|-----------------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Modelo | 2 | 150,6879749 | 75,3439875 | 2,25 | 0,1416 |
| Error | 14 | 467,8226133 | 33,4159010 | | |
| Total corregido | 16 | 618,5105882 | | | |

| R - cuadrado | Coef. de var. | Raíz MSE | CMSPM media |
|--------------|---------------|----------|-------------|
| 0,243630 | 40,27336 | 5,780649 | 14,35353 |

| Fuente | DF | Tipo I SS | F - Valor | P > F |
|-------------|----|-------------|-----------|--------|
| Tratamiento | 2 | 150,6879749 | 2,25 | 0,1416 |
| Fuente | DF | Tipo III SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 2 | 150,6879749 | 2,25 | 0,1416 |

Variable dependiente: **Consumo de materia orgánica como porcentaje del peso metabólico**

| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F - Valor | P > F |
|-----------------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Modelo | 2 | 142,5414863 | 71,2707431 | 2,51 | 0,1167 |
| Error | 14 | 396,88806647 | 28,3491476 | | |
| Total corregido | 16 | 539,4295529 | | | |

| | | | |
|--------------|---------------|----------|-------------|
| R - cuadrado | Coef. de var. | Raíz MSE | CMOPM media |
| 0,264245 | 39,65419 | 5,324392 | 13,42706 |

| | | | | |
|-------------|----|-------------|-----------|--------|
| Fuente | DF | Tipo I SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 2 | 142,5414863 | 2,51 | 0,1167 |
| Fuente | DF | Tipo III SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 2 | 142,5414863 | 2,51 | 0,1167 |

Variable dependiente: **Consumo de FDN como porcentaje del peso metabólico.**

| | | | | | |
|-----------------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F - Valor | P > F |
| Modelo | 2 | 40,8913896 | 20,4456948 | 1,82 | 0,1980 |
| Error | 14 | 157,0997633 | 11,2214117 | | |
| Total corregido | 16 | 197,9911529 | | | |

| | | | |
|--------------|---------------|----------|--------------|
| R - cuadrado | Coef. de var. | Raíz MSE | CFDNPM media |
| 0,206531 | 41,23922 | 3,349838 | 8,122941 |

| | | | | |
|-------------|----|-------------|-----------|--------|
| Fuente | DF | Tipo I SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 2 | 40,89138961 | 1,82 | 0,1980 |
| Fuente | DF | Tipo III SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 2 | 40,8913 | 1,82 | 0,1980 |

Variable dependiente: **Digestibilidad de la materia seca a 105 °C.**

| | | | | | |
|-----------------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F - Valor | P > F |
| Modelo | 2 | 0,00884912 | 0,00442456 | 0,37 | 0,7000 |
| Error | 14 | 0,16925930 | 0,01208995 | | |
| Total corregido | 16 | 0,17810842 | | | |

| | | | |
|--------------|---------------|----------|--------------|
| R - cuadrado | Coef. de var. | Raíz MSE | DMS105 media |
| 0,049684 | 18,25788 | 0,109954 | 0,602229 |

| | | | | |
|-------------|----|-------------|-----------|--------|
| Fuente | DF | Tipo I SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 2 | 0,00884912 | 0,37 | 0,7000 |
| Fuente | DF | Tipo III SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 2 | 0,00884912 | 0,37 | 0,7000 |

Variable dependiente: **Digestibilidad de la materia orgánica.**

| | | | | | |
|-----------------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F - Valor | P > F |
| Modelo | 2 | 0,01136038 | 0,00568019 | 0,51 | 0,6092 |
| Error | 14 | 0,15484789 | 0,01106056 | | |
| Total corregido | 16 | 0,16620826 | | | |

| | | | |
|--------------|---------------|----------|-----------|
| R - cuadrado | Coef. de var. | Raíz MSE | DMO media |
| 0,068350 | 16,71163 | 0,105169 | 0,629318 |

| | | | | |
|-------------|----|-------------|-----------|--------|
| Fuente | DF | Tipo I SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 2 | 0,01136038 | 0,51 | 0,6092 |
| Fuente | DF | Tipo III SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 2 | 0,01136038 | 0,51 | 0,6092 |

Variable dependiente: **Digestibilidad FDN**

| | | | | | |
|-----------------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F - Valor | P > F |
| Modelo | 2 | 0,01149252 | 0,00574626 | 0,27 | 0,7673 |
| Error | 14 | 0,29804466 | 0,02128890 | | |
| Total corregido | 16 | 0,30953718 | | | |

| | | | |
|--------------|---------------|----------|------------|
| R - cuadrado | Coef. de var. | Raíz MSE | DFDN media |
| 0,037128 | 27,42161 | 0,145907 | 0,532088 |

| | | | | |
|-------------|----|-------------|-----------|--------|
| Fuente | DF | Tipo I SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 2 | 0,01149252 | 0,27 | 0,7673 |
| Fuente | DF | Tipo III SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 2 | 0,01149252 | 0,27 | 0,7673 |

Variable dependiente: **Digestibilidad de la energía.**

| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F - Valor | P > F |
|-----------------|----|-------------------|----------------------|-----------|--------|
| Modelo | 2 | 0,00284744 | 0,00142372 | 0,23 | 0,7949 |
| Error | 14 | 0,08541297 | 0,00610093 | | |
| Total corregido | 16 | 0,08826041 | | | |

| R - cuadrado | Coef. de var. | Raíz MSE | DE media |
|--------------|---------------|----------|----------|
| 0,032262 | 10,97219 | 0,078108 | 0,711876 |

| Fuente | DF | Tipo I SS | F - Valor | P > F |
|-------------|----|-------------|-----------|--------|
| Tratamiento | 2 | 0,00284744 | 0,23 | 0,7949 |
| Fuente | DF | Tipo III SS | F - Valor | P > F |
| Tratamiento | 2 | 0,00284744 | 0,23 | 0,7949 |

Procedimiento GLM (General Linear Models).

Medias de Cuadrados Mínimos (Least Squares Means; LS Mean).

Medias de Cuadrados Mínimos para el efecto tratamiento

$Pr > |t|$ para $H_0: Media LS(i) = Media LS_n(j)$.

Variable dependiente: **Consumo de materia seca como porcentaje del peso metabólico.**

| Trat. | LS Mean | i / j | 1 | 2 | 3 |
|-------|------------|-------|--------|--------|--------|
| 1 | 17,5833333 | 1 | - | 0,4757 | 0,0542 |
| 2 | 15,0180000 | 2 | 0,4757 | - | 0,2245 |
| 3 | 10,5700000 | 3 | 0,0542 | 0,2245 | - |

Variable dependiente: **Consumo de materia orgánica como porcentaje del peso metabólico.**

| Trat. | LS Mean | i / j | 1 | 2 | 3 |
|-------|------------|-------|--------|--------|--------|
| 1 | 16,8166667 | 1 | - | 0,3296 | 0,0417 |
| 2 | 13,5600000 | 2 | 0,3296 | - | 0,2787 |
| 3 | 9,9266667 | 3 | 0,0417 | 0,2787 | - |

Variable dependiente: **Consumo de FDN como porcentaje del peso metabólico.**

| Trat. | LS Mean | i / j | 1 | 2 | 3 |
|-------|------------|-------|--------|--------|--------|
| 1 | 8,76000000 | 1 | - | 0,6202 | 0,1904 |
| 2 | 9,78800000 | 2 | 0,6202 | - | 0,0904 |
| 3 | 6,09833333 | 3 | 0,1904 | 0,0904 | - |

Variable dependiente: **Digestibilidad de la materia seca a 105 °C.**

| Trat. | LS Mean | i / j | 1 | 2 | 3 |
|-------|------------|-------|--------|--------|--------|
| 1 | 0,63298333 | 1 | - | 0,4611 | 0,4893 |
| 2 | 0,58252000 | 2 | 0,4611 | - | 0,9367 |
| 3 | 0,58790000 | 3 | 0,4893 | 0,9367 | - |

Variable dependiente: **Digestibilidad de la materia orgánica.**

| Trat. | LS Mean | i / j | 1 | 2 | 3 |
|-------|------------|-------|--------|--------|--------|
| 1 | 0,66413333 | 1 | - | 0,3824 | 0,4170 |
| 2 | 0,60670000 | 2 | 0,3824 | - | 0,9183 |
| 3 | 0,61335000 | 3 | 0,4170 | 0,9183 | - |

Variable dependiente: **Digestibilidad de la FDN.**

| Trat. | LS Mean | i / j | 1 | 2 | 3 |
|-------|------------|-------|--------|--------|--------|
| 1 | 0,51255000 | 1 | - | 0,5106 | 0,9475 |
| 2 | 0,57220000 | 2 | 0,5106 | - | 0,5509 |
| 3 | 0,51820000 | 3 | 0,9475 | 0,5509 | - |

Variable dependiente: **Digestibilidad de la energía.**

| Trat. | LS Mean | i / j | 1 | 2 | 3 |
|-------|------------|-------|--------|--------|--------|
| 1 | 0,72868333 | 1 | - | 0,5233 | 0,6360 |
| 2 | 0,69772000 | 2 | 0,5233 | - | 0,8494 |
| 3 | 0,70686667 | 3 | 0,6360 | 0,8494 | - |