

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

APTITUD PASTORIL Y DE CALIDAD FORRAJERA DE DIFERENTES
CULTIVARES DE MAÍZ

por

Juan Facundo RAMOS

Santiago TRIAY

Agustín UTEDA

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2013

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Ana Bianco

Ing. Agr. Rafael Vidal

Ing. Agr. PhD. Alberto Artola

Fecha: 13 de diciembre de 2013

Autor: -----

Juan Ramos

Santiago Triay

Agustín Uteda

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias por permitirnos disponer del tiempo para realizar este trabajo.

A los docentes responsables, profesora Ing. Agr. Ana Bianco y profesor Ing. Agr. Vidal, por darle orientación y criterio a la investigación.

Al laboratorio de nutrición animal de la facultad de agronomía por el cuidadoso manejo de las muestras.

Al equipo de Biometría y Estadística, responsables del análisis estadístico planteado.

Al Ing. Agr. PhD. Alberto Artola por sus recomendaciones a la hora del planteo del diseño experimental y colaboración a la siembra además de su fundamental trabajo de investigación sin el cual no sería posible la tesis.

Los autores quisieran agradecer a la empresa IPB semillas la posibilidad de trabajar en el estudio de la variedad Macolladora.

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 <u>PRODUCCIÓN Y USO DEL MAÍZ</u>	2
2.2 <u>ORIGEN DEL MAÍZ</u>	3
2.3 <u>MACOLLAJE EN MAÍZ</u>	4
2.4 <u>CRECIMIENTO Y FISIOLÓGIA DEL MAÍZ</u>	6
2.4.1 <u>Macollaje y rebrote</u>	7
2.4.2 <u>Rendimiento y calidad de maíz</u>	8
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	11
3.1 <u>CARACTERIZACIÓN DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES</u>	11
3.1.1 <u>Localización</u>	11
3.1.2 <u>Descripción de los suelos</u>	12
3.1.3 <u>Preparación de los suelos</u>	12
3.2. <u>TRATAMIENTOS</u>	13
3.3 <u>SIEMBRA Y DESARROLLO DE LOS ENSAYOS</u>	14
3.3.1 <u>Tratamiento de las semillas</u>	14
3.3.2 <u>Siembra y distribución de las plantas</u>	14
3.3.3 <u>Fertilización nitrogenada durante el cultivo</u>	14
3.3.4 <u>Control de malezas en preemergencia</u>	14
3.3.5 <u>Control de insectos</u>	15
3.3.6 <u>Régimen hídrico</u>	15
3.4 <u>DETERMINACIONES</u>	17
3.4.1 <u>Rendimiento (KgMS/Ha) en corte vegetativo y corte final</u>	17
3.4.2 <u>Composición morfológica (% hoja, % tallo, % mazorca)</u>	17
3.4.3 <u>Composición química</u>	17
3.4.4 <u>Macollos por planta</u>	18
3.5 <u>DISEÑO EXPERIMENTAL</u>	18
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	20
4.1 <u>RENDIMIENTO TOTAL DE MATERIA SECA</u>	20
4.1.1 <u>Rendimiento total (KgMS/Ha) sin los testigos</u>	20
4.1.1.1 <u>Interacción sitio x material x altura</u>	21
4.1.1.2 <u>Interacción sitio x material x momento de corte</u>	23
	IV

4.1.1.3 Interacción sitio x altura x momento de corte.....	25
4.1.1.4 Efecto del corte inicial en la producción total en función del tratamiento para cada material.....	27
4.1.2 Rendimiento total (KgMS/Ha) considerando los testigos.....	30
4.2 ANÁLISIS DE LA VARIABLE MACOLLOS POR PLANTA.....	32
4.3 ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	34
4.4 COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA EN EL CORTE PARA SILO.....	38
5. <u>CONCLUSIONES</u>	41
6. <u>RESUMEN</u>	43
7. <u>SUMMARY</u>	44
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	45

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Rendimiento promedio de maíz para silo.....	9
2. Referencia de valores de Composición química, valor nutritivo y digestibilidad de maíz para silo.....	10
3. Características de los tratamientos.....	11
4. Caracterización de los materiales.....	13
5. Fechas de corte.....	14
6. Agua en el cultivo, precipitaciones y riego.....	17
7. Resultados del ANAVA.....	20
8. Interacción material x altura en sitio 1.....	21
9. Interacción material x altura en sitio 2.....	22
10. Interacción material x momento de corte en sitio 1.....	23
11. Interacción material x momento de corte en sitio 2.....	24
12. Interacción altura x momento en sitio 1.....	27
13. Interacción altura x momento en sitio 2.....	26
14. Impacto del tratamiento en la producción de forraje por material.....	30
15. Resultados del ANAVA.....	33
16. Calidad en corte vegetativo.....	34
17. Calidad en corte final.....	34
18. Composición química del corte final de cada tratamiento.....	36
19. Porcentaje de Proteína cruda, Materia Seca, Fibra detergente neutro y Energía Neta de lactación por tratamientos (incluyendo el promedio de la evaluación de cultivares INIA-INASE).....	37
20. Porcentaje de peso seco sobre peso total de cada fracción, (hoja, tallo y espiga) para algunos tratamientos.....	38
21. Coeficientes de variación para el material Macollador.....	39
22. Coeficientes de variación para el material Cangüé.....	40
23. Coeficientes de variación para el material Híbrido.....	40

Gráfica No.

1. Estadísticas mundiales de Maíz, producción, consumo, existencias finales y relación existencias/consumo.....	2
2. Estimación del consumo aparente de grano de maíz en Uruguay.....	3
3. Disponibilidad de agua en sitio 1.....	15
4. Disponibilidad de agua en sitio 2.....	16
5. Disponibilidad de agua en sitio 3.....	16
6. Interacción material x altura en sitio 1.....	21
7. Interacción material x altura en sitio 2.....	22
8. Interacción material x momento de corte en sitio 1.....	23

9. Interacción material x momento de corte en sitio 2.....	24
10. Interacción altura x momento en sitio 1.....	25
11. Interacción altura x momento en sitio 2.....	26
12. Rendimiento del corte vegetativo y reproductivo del Cangüé.....	27
13. Rendimiento del corte vegetativo y reproductivo del Macollador.....	28
14. Rendimiento del corte vegetativo y reproductivo del Híbrido.....	28
15. Producción de cada tratamiento.....	31
16. Rendimiento de testigos y mejores manejos frente al promedio general y por año de la evaluación de cultivares del INIA-INASE.....	32
17. Macollos por planta según material.....	33
18. Composición morfológica para el Macollador.....	39
19. Composición morfológica para el Cangüé.....	39
20. Composición morfológica para el Híbrido.....	40

1. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los principales cultivos utilizados en la producción agropecuaria para alimentación humana; además es ampliamente utilizado para la alimentación animal bajo forma de grano o ensilaje, no tanto así en la forma de pastoreo directo.

La problemática del verano en el cual las pasturas descienden su producción debido a las condiciones climáticas, hace necesaria la utilización de cultivos anuales estivales para producción de forraje. El maíz tiene principalmente dos usos; grano y forraje, este último básicamente se utiliza como ensilaje de planta entera y en una proporción mucho menor en pastoreo directo.

La utilización de maíz para ensilaje aumentó debido a la obtención de grandes volúmenes de forraje de calidad en un corto periodo de tiempo por su elevada tasa de crecimiento. Además se destaca su amplia época de siembra que le confiere versatilidad para su incorporación a rotaciones intensivas, alta y estable calidad y elevados precios que estimulan su producción.

Dado que los principales usos del maíz son la alimentación humana (grano) y animal (grano y silaje), existe una falta de información del manejo del mismo para pastoreo directo y cultivares con buen comportamiento para dicho propósito.

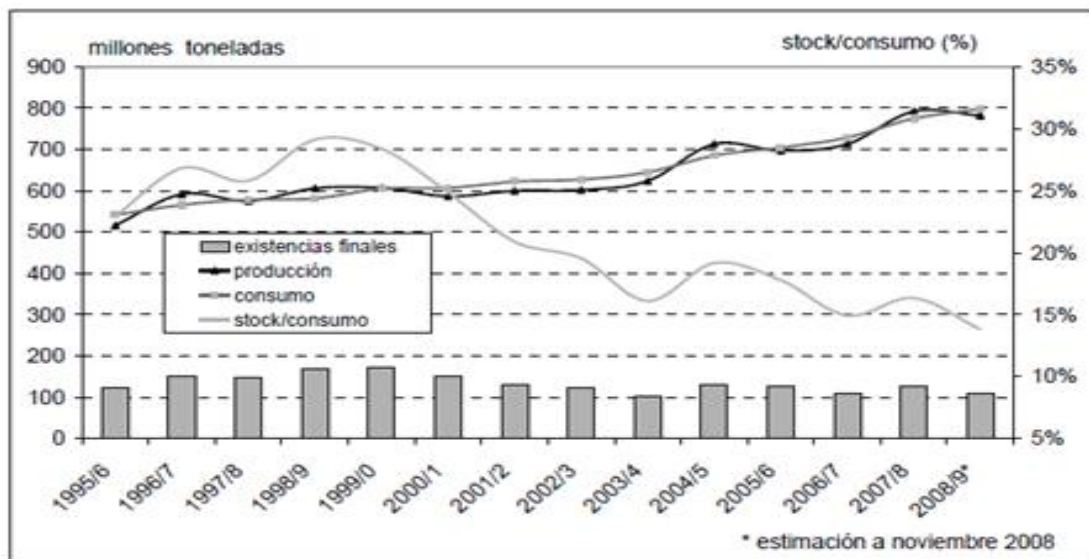
El objetivo del presente trabajo es evaluar cuantitativa y cualitativamente la producción de materia seca de tres cultivares de maíz sometidos a diferentes manejos de corte durante el crecimiento vegetativo y su efecto sobre la producción de materia seca en el corte para ensilaje.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 PRODUCCIÓN Y USO DEL MAÍZ

Una estimación de la producción y consumo mundial de grano de maíz se presenta en la gráfica No. 1 donde se puede observar como hasta finales de la década del 90 hay un aumento en el stock debido al crecimiento de la producción y no tanto del consumo. A partir de 1990-2000 hay una brusca caída de la relación stock/consumo, esto es debido a un prolongado período de cinco años donde la producción se mantuvo por debajo del consumo. Esta relación se mantiene en un constante decrecimiento con determinadas oscilaciones. Es la producción quien presenta variaciones a través de los años y no así el consumo que es creciente y constante. Existe falta de información respecto a las superficies sembradas con maíz con destino a silo y forraje.

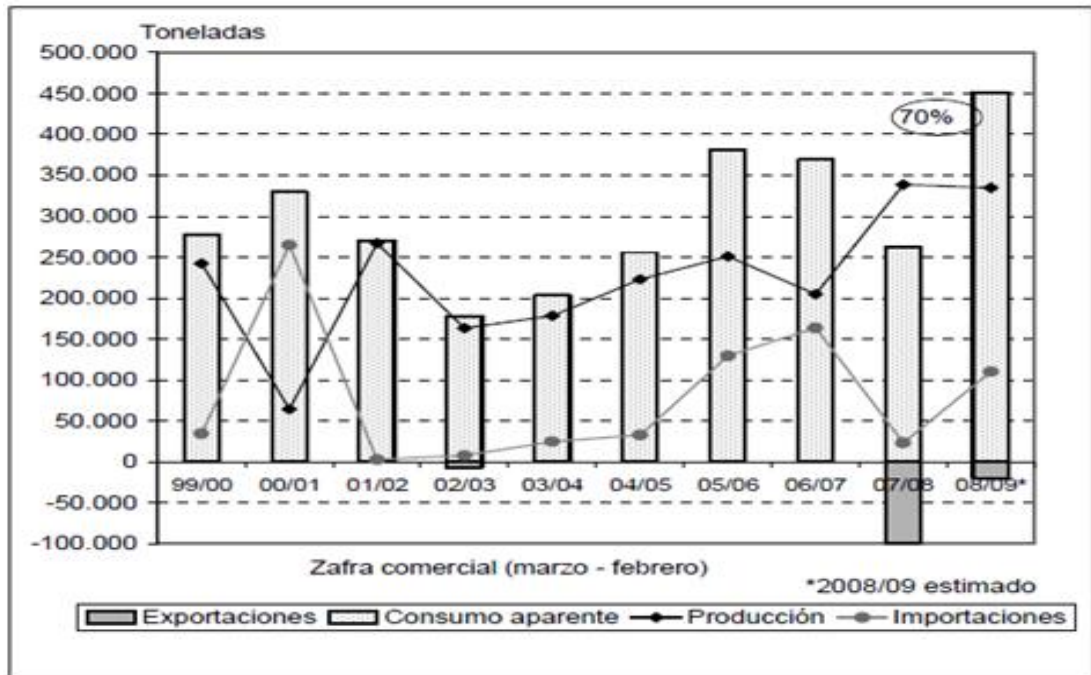
Gráfica No. 1. Estadísticas mundiales de maíz, producción, consumo, existencias finales y relación existencias/consumo



Fuente: USDA, adaptado por Methol (2008).

En cuanto al ámbito nacional en la gráfica No. 2 se presenta la producción, consumo, exportaciones e importaciones de grano.

Gráfica No. 2. Estimación del consumo aparente de grano de maíz en Uruguay



Fuente: URUGUAY. MGAP. OPYPA (2008).

A nivel país, la producción es muy variable entre años debido básicamente a las condiciones climáticas y relaciones de precios (competencia con otros cultivos). Por lo tanto las importaciones se hacen muy dependientes tanto de la producción como del consumo. No existen datos correspondientes a maíz para silo, se estima que la superficie empleada a tal fin en la producción ganadera (tanto cárnica como lechera) es tan importante como la destinada a grano.

2.2 ORIGEN DEL MAÍZ

Según Kato (2009) los centros de origen y diversidad del maíz están en México, esta evolución involucra una relación muy estrecha con los grupos humanos prehistóricos y sus culturas que basaron su desarrollo en este cultivo y que hasta el presente permanece en las poblaciones rurales e indígenas.

El maíz es la forma cultivada del género *Zea*, y la comunidad científica acepta que su ancestro es el *Teocinte* (Beadle 1932, 1939, 1972, Emerson y Beadle 1932,

Reeves y Mangelsdorf 1942, 1959, Galinat 1956, 1970, 1971, 1972, 1974, Mangelsdorf 1961, 1974, Darlington 1963, Wilkes 1967, 1972, de Wet et al. 1971, 1972, de Wet y Harlan 1972, Kato 1976, 1984, McClintock et al. 1981, Doebley 1983a, 1983b, 1984, 1990a, 2004) del cual se conoce en gran medida su distribución actual, no así la pasada, que está actualmente en discusión.

Llegar a este consenso no fue sencillo, desde fines del siglo XIX se postularon varias hipótesis para explicar el origen del maíz, la más influyente fue la teoría tripartita en la década del 30 del siglo pasado (Mangelsdorf y Reeves, 1939). Hacia finales de los 80 esta fue desacreditada cuando ganó acuerdo entre la comunidad científica (Beadle, 1980) el origen del maíz en base a la evolución progresiva del *Teocinte*. Y cada vez se ha ido consolidando más (Doebley 1990, Matsuoka et al. 2002, Doolittle y Mabry 2006).

Actualmente la mayoría del pensamiento concerniente al origen del maíz considera tres teorías (Galinat, 1971). La teoría más antigua del *Teocinte* de Ascherton es apoyada por Galinat (1971, 1973, 1992, 1995), Beadle (1972), de Wet y Harlan (1972), Kato (1976, 1984), McClintock (1978), Doebley et al. (1983, 1990), Goodman (1988a), Matsuoka et al. (2002); la teoría tripartita en su forma modificada ha sido mantenida por Wilkes (1979), y la teoría del ancestro común ha sido mantenida viva por Weatherwax (1918, 1955), Randolph (1952, 1955, 1959, 1976).

La teoría que postula que el *Teocinte* anual mexicano, y solamente esta planta, fue el ancestro del maíz cultivado, el cual fue originado mediante el proceso de domesticación llevada a cabo por la intervención humana, actualmente es la teoría general más aceptada (Beadle 1939, 1972, 1977, 1978, 1980, Galinat 1971, 1977, 1978, 1992, 1995, de Wet y Harlan 1972, 1976, 1983, 1988, Kato 1976, 1984, Doebley 1983a, 2004, Doebley et al. 1984, 1987, Sundberg y Orr 1986, Dorweiller y Doebley 1990, 1997, Matsuoka et al. 2002).

En relación a la diversificación y domesticación del maíz existen dos teorías; una que propone que tuvo un origen multicéntrico, es decir, que hubo varios centros de domesticación a partir de distintas poblaciones de *Teocinte* hace 8000 años aproximadamente. Y la teoría del evento único de domesticación (unicéntrica) que dice que las poblaciones del *Teocinte* de la raza Balsas o subespecie *parviglumis* localizadas en el centro de la cuenca del Balsas (oriente de Michoacán, suroeste del estado de México y norte de Guerrero) dieron origen al maíz.

2.3 MACOLLAJE EN MAÍZ

Evidencia arqueológica muestra que la domesticación del maíz fue entre 8000 y 10000 (AC). Las plantas del ancestro y del maíz actual difieren profundamente en la morfología. Una gran diferencia es que el *Teosinte* tenía macollos largos con espigas en

las puntas, mientras que el maíz tiene macollos cortos con espigas axilares (Rong- Lin Wang et al., 1999).

Análisis genéticos identificaron al gen de *Teosinte* Branched 1 (tb1) como principal responsable de las diferencias arriba mencionadas. Recientes clonaciones del tb1 (Adams, 1990), dan la primera oportunidad de examinar los efectos de la selección en la domesticación del gen e inferir a partir de esta los efectos naturales del proceso de domesticación.

Durante el desarrollo tb1 actúa inhibiendo el desarrollo de órganos axilares e inflorescencias femeninas. Consistentemente con esta interpretación, plantas con el alelo del maíz acumulan más tb1 ARNm en macollos laterales obteniendo macollos más cortos que plantas con el alelo del *Teosinte* que acumulan menos tb1 ARNm y tienen macollos más largos. Esta diferencia y la acumulación de mensajero entre los alelos de maíz y *Teosinte* sugieren que el cambio en la evolución de este último a maíz incluyó cambios en las regiones regulatorias del tb1.

Evidencias combinadas de análisis de polimorfismo y los trabajos previos de los niveles de tb1 ARNm son congruentes, dando fuerte evidencia de que los cortos macollos laterales del maíz evolucionaron de los largos macollos del *Teosinte* por la selección humana (Rong- Lin Wang, 1999).

Los macollos son brotes vegetativos o reproductivos que crecen desde la base en las gramíneas. Mientras los macollos son una parte esencial en la producción de trigo, cebada y avena, son mucho menos deseables en el maíz. Son comúnmente catalogados como chupadores, por una antigua historia que dice que absorben los nutrientes del tallo principal. Investigaciones de la Universidad de Illinois (Nafziger, 1998) han demostrado que este no es el caso. Pueden existir algunos beneficios del macollaje si el maíz es producido para silaje por mayor biomasa producida por unidad de área.

Métodos modernos con carbono marcado permiten el monitoreo del movimiento de nutrientes vegetales de la planta. El intercambio de nutrientes tiene poco lugar entre los macollos y la planta principal antes de la floración. Pero después de ésta y durante el llenado de grano, grandes cantidades de nutrientes se mueven de las hojas de tallos grandes sin mazorca a la mazorca en la planta principal. Si las mazorcas estaban presentes tanto en el tallo principal como en los macollos, poco movimiento de nutrientes se llevó a cabo. Al parecer, las mazorcas reciben los nutrientes de la estructura sobre la que se desarrollan. Macollos pequeños, a la sombra probablemente tienen poca influencia en las plantas principales. Si hay un efecto, es probable que sea positivo

Los macollos pueden ser perjudiciales en condiciones de suelo seco cuando el área foliar adicional puede aumentar las tasas de transpiración y causar el agotamiento de la humedad del suelo antes de que si no se hubiese desarrollado el macollo. En baja

densidad de población, el aumento de los rendimientos de grano probablemente se deba a macollos que alimentan la planta principal o por producir sus propias mazorcas (Nafziger, 1998).

Hay acuerdo que el desarrollo de macollos en el campo de maíz representa una señal de que las condiciones de crecimiento son muy favorables, con altos niveles disponibles de nutrientes, agua, o luz. Tales condiciones de crecimiento favorables pueden existir simplemente debido al clima o porque la población de plantas es baja en relación con el potencial de rendimiento. Con condiciones favorables de crecimiento, la planta de maíz tiene la energía suficiente y los nutrientes para "invertir" en el desarrollo de los macollos. Algunos híbridos también son genéticamente propensos al desarrollo de macollos. Los macollos pueden competir algo con los tallos principales, pero dada su habitual partida de desarrollo tardío suelen perder en la competencia por el agua, los nutrientes y la luz (Nielsen, 2003).

El número de macollos que se desarrolla es función de la densidad de plantas, el espacio, fertilidad de suelo, condiciones de crecimiento temprana y el pool genético del híbrido. Es más probable encontrar macollos en plantas localizadas cerca de los bordes de chacra. Y es más probable que se desarrollen cuando la fertilidad y humedad son amplias. Algunos híbridos pueden haber retenido más genes relacionados al macollaje de su antecesor, y consecuentemente tienen más probabilidad de macollar que otros (Thomison, 1995).

Poblaciones experimentales originadas de la cruce de *Zea Mays* y *Zea Diploperennis* se caracterizan por ser macolladoras, presentan espigas múltiples y elevada relación hoja/tallo (Mejía 1978, Troiani et al. 1988, Paccapelo y Molas 1996, Paccapelo et al. 1999). Una población promisoriosa se ha evaluado y destacado por la alta producción de materia seca (Mejía, 1978). Si bien no se ha determinado su capacidad de rebrote, al haberse originado de un progenitor silvestre perenne existiría la posibilidad de que se transmita dicha característica, aumentando la producción de materia seca total y su aptitud forrajera en pastoreo directo.

2.4 CRECIMIENTO Y FISIOLOGÍA DEL MAÍZ

Para obtener elevadas producciones de biomasa en una estación de cultivo se necesitan elevadas radiaciones y temperaturas diurnas óptimas para el proceso fotosintético que posibilitan altas tasas de crecimiento y prolongadas duraciones de las etapas fenológicas. La duración del periodo de crecimiento es inversamente proporcional a la temperatura. En general, temperaturas hasta 25-30 grados aceleran el desarrollo en maíz (Andrade et al., 1996). Por otro lado, altas temperaturas de día de hasta 30 grados (Larcher, 1980) favorecen la fotosíntesis y la tasa de crecimiento diaria. "...para maximizar la producción de biomasa de un cultivo en una estación de crecimiento sería ideal que las plantas se encontraran expuestas a una alta amplitud térmica (Andrade

1992, Cantagallo et al. 1997) con temperaturas diurnas óptimas para la fotosíntesis y temperaturas nocturnas que reduzcan respiración y retrasen el desarrollo prolongando los días de mayor aprovechamiento de radiación...” (Andrade, 2000).

El acortamiento del tiempo entre la emergencia y floración del cultivo, provocada por el retraso de la siembra, reduce el aprovechamiento de la oferta estacional de radiación solar, esto podría suponer menor cantidad de materia seca depositada, sin embargo, el aumento en la velocidad de emergencia y expansión de las hojas al retrasar la siembra, posibilita el rápido establecimiento de un canopeo eficiente en la intercepción de la luz incidente en la etapa vegetativa, y por lo tanto no hay pérdida de MS depositada (Andrade, 2000).

La posición erectófila de las hojas de maíz permite una distribución más pareja de la radiación en el perfil del canopeo, lo que acarrea, una vez alcanzado el índice de área foliar (IAF) crítico, ventajas para la fotosíntesis a nivel del cultivo, y por lo tanto para la eficiencia de conversión. La disminución del coeficiente de extinción en un cultivo de maíz con IAF: 5 produjo aumentos de alrededor del 30% en la tasa de crecimiento (Duncan et al. 1967, Pepper et al. 1977).

Andrade (2000) Las tasas de crecimiento del cultivo de maíz medido desde los 40 hasta los 80 días después de la emergencia fueron $30 \pm 1,2$ g/m²/día. El maíz mostró mayores tasas de crecimiento durante el periodo de llenado de granos respecto a otros cultivos debido a la mayor persistencia de la cobertura, el menor contenido energético de su biomasa reproductiva, a su metabolismo C₄ y a su mejor estructura de forraje.

El maíz no presenta gran variación en calidad energética de la materia seca producida a lo largo del ciclo (Varlet Grancher et al., 1982).

El ajuste de la población es un factor muy importante en la determinación del potencial de rendimiento del maíz, básicamente debido a la escasa posibilidad que tiene el cultivo de compensar pérdidas de plantas o bajas poblaciones iniciales (Andrade, 2000).

Los requerimientos de agua del maíz, según Niscosia y Martin (1998) varían entre 600 y 800 mm. durante todo el ciclo.

2.4.1 Macollaje y rebrote

Casal (1986) estudió el efecto de la densidad de plantas en la relación rojo/rojo lejano y la cantidad de energía absorbida por planta en el macollaje de *Paspalum* y *Lolium Multiflorum*. El sombreado entre plantas en altas densidades fue suficiente para causar significativas reducciones en la intercepción de luz por planta durante el día. La reducción de macollaje debido a la densidad de plantas en ambas especies está afectada

por la reducción en la intercepción de luz por la planta y menor relación R/RL a medida que aumentamos la densidad. Importa también la nutrición con Carbono, la brusca baja en intercepción de luz por la planta en las altas densidades logra reducir el macollaje, en estas condiciones aparecen macollos muertos, y la falta de energía disponible puede ser la razón. En medias a bajas densidades suplementados con luz en la parte baja del canopeo se incrementa el macollaje, indicando que había recursos suficientes para mantener un alto macollaje.

Para el caso del Maíz no existen estudios respecto a como el ajuste de la población, (a través del sombreado, que afecta la calidad de la radiación incidente) puede inferir en la el macollaje. Es indudable que la manifestación del macollaje va a ocurrir únicamente en aquellas plantas que presentan el gen que define esa característica, y la importancia del mismo (medido como número de macollos por planta) será directamente proporcional a la disponibilidad de recursos que ofrezca el ambiente (radiación, disponibilidad hídrica, nutrientes).

2.4.2 Rendimiento y calidad de maíz

En el trabajo realizado por Funaro y Paccapelo (2001) se evaluó la producción total de materia seca de una población macolladora experimental y su composición morfológica (hoja, tallo y mazorca) durante el ciclo del cultivo hasta la etapa de grano pastoso, registrándose la presencia del rebrote y se la comparó con un híbrido comercial con aptitud forrajera. Los materiales utilizados fueron la población 3F.A originada de la cruce de *Zea mays* x *Zea Diploperennis* y sucesivas retrocruzas con maíz, y el híbrido Sil 3. La morfología de las plantas de la población experimental se caracteriza por poseer varias macollas, con desarrollo en los tallos principales, lo que se traduce en un crecimiento más prolongado favoreciendo principalmente la producción de hojas y en menor medida la de tallos. Estos factores aumentan la producción de MS total respecto a la de un maíz tradicional y favorece el aprovechamiento como material a ensilar. La relación hoja/tallo no varió entre los materiales. Se observó rebrote en ambos materiales 22 días después del corte. Tanto la producción del primer corte como la del rebrote fue superior en la población experimental, indicando su potencialidad para ser utilizada en pastoreo directo durante la fase inicial del cultivo, antes de la diferenciación apical.

La calidad de la planta ha sido un factor poco considerado en la elección de materiales para ensilar, dado que siempre se ha puesto énfasis en alto rendimiento en grano y buenas características agronómicas. Históricamente se recomendaba para el silo utilizar prácticas que maximicen la proporción de grano en la MS de la planta (Andrieu y Demarquilly 1974, Phipps et al. 1979, Fisher y Fairey 1982). La base de esta recomendación es la cantidad de almidón y por lo tanto el mayor contenido de MS digestible en grano que en “stover” (tallo y hoja) (Andrieu y Demarquilly, 1974). Sin embargo la concentración de carbohidratos no estructurales en “stover” está relacionada inversamente con la proporción de grano en maíz (Bunting 1976, McAllan y Phipps

1977, Phipps y Weller 1979, Russell 1986). Por lo tanto la digestibilidad del maíz cosechado tempranamente no está influenciada por la proporción de grano en el forraje (Bunting 1976, McAllan y Phipps 1977, Phipps y Weller 1979, Russell 1986).

Si se analiza entonces la calidad de planta en su conjunto no siempre el mejor material para grano será el mejor para alimentación de vacas lecheras ya sea en pastoreo o como material ensilado. Sin duda una meta a alcanzar es la producción de Materia seca digestible/ha al incluir el maíz en una rotación forrajera con destino a la alimentación animal (Barreto Wagner, 2001).

A continuación se presentan a modo de referencia los cuadros No. 1 y 2 con los resultados de la evaluación de cultivares de INIA-INASE sobre rendimiento y calidad del maíz para silo.

Cuadro No. 1. Rendimiento promedio de maíz para silo

Año	Rend. MS/Ha	Fecha Siembra
2012/2013	8902	07/11/2012
2011/2012	7984	28/09/2011
2010/2011	7944	22/09/2010
2009/2010	12851	20/10/2009
2008/2009	5323	17/10/2008
2007/2008	11323	28/09/2007
2006/2007	17520	18/09/2006
2005/2006	18095	20/09/2005
Promedio	12176	

Fuente: Vilaró (2006, 2007, 2008), Castro et al. (2009, 2010, 2011, 2012, 2013).

Cuadro No. 2. Referencia de valores de Composición química, valor nutritivo y digestibilidad de maíz para silo

AÑO	%MS	PC	FDN	FDA	CENIZAS	ENL
2012/2013	28,03	5,50	60,91	37,37	7,21	1,28
2011/2012	28,71	8,20	46,48	23,58	6,55	1,66
2010/2011	30,56	6,56	51,81	29,7	8,58	1,49
2009/2010	28,75	5,22	56,88	36,13	7,38	1,31
2008/2009	34,43	5,15	60,8	35,55	8,51	1,33
2007/2008	-	7,60	55,5	31,87	8,25	1,43
2006/2007	-	5,81	64,5	33,94	7,11	1,37
2005/2006	-	8,99	60,27	33,19	8,31	1,39
Promedio	30,10	6,63	57,14	32,67	7,74	1,41

Fuente: Vilaró (2006, 2007, 2008) Castro et al. (2009, 2010, 2011, 2012, 2013). Nota: ENL=2,301-(0,0273*FDA) Calculado en base a la ecuación de Pennstate forage testing laboratory.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente trabajo fueron evaluados los siguientes materiales; Macollador es un híbrido topcross originado de la cruce de una derivada de INIA Redomon, utilizada como hembra, que fue obtenida luego de cinco ciclos de selección masal por número de macollos. El macho utilizado es una VPA con muchos ciclos de selección por número de macollos, originaria del Colegio de Posgraduados de México. Blanco Cangué es una VPA originada por el grupo de Fitotecnia de la Facultad de Agronomía a partir de una colecta y caracterización de materiales locales realizada en 1978 por José L. De León, por medio de selección masal y masal estratificada seleccionando por características agronómicas de rendimiento y calidad de espiga. El Híbrido 3785 MG es un material triple (cruza de una línea pura con un híbrido), originado en el programa de mejoramiento de IPB Argentina. En este caso quien oficia de padre es una línea Flint argentina convertida a MG. Por otro lado la hembra es un híbrido dentado norteamericano.

Cuadro No. 3. Caracterización de los materiales

Características	Blanco Cangué	Macollador	3785MG
Tipo de material	VPA	Híbrido*	Híbrido triple
Tipo de grano	D blanco	D blanco	SD anaranjado
Ciclo (días a floración)	78	80	75
Altura de planta (cm)	215	225	230

*: Híbrido topcross: cruce de una línea pura por una VPA seleccionada por la característica en estudio, macollaje.

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES

El ensayo experimental de campo abarcó un periodo entre la primera quincena de octubre de 2011 hasta la segunda quincena de enero de 2012 y se llevó a cabo en tres localidades, las cuales se presentan a continuación.

3.1.1 Localización

- Sitio 1: Colonia, ruta 1 Km. 170 Depto. de Colonia (34° 26'31"S y 57° 46'58" O).
- Sitio 2: Camelia, ruta 1 Km. 47 Depto. de San José (34° 40'7"S y 56° 34'32"O).
- Sitio 3: CRS, Centro Regional Sur, Facultad de Agronomía. Depto. Canelones (34° 35' 47"S y 56° 13'16"O).

3.1.2 Descripción de los suelos

Sitio 1: grupo de suelos 10.6: Los suelos predominantes corresponden a Brunosoles Subéutricos, a veces Éutricos, Típicos y Lúvicos (Praderas Pardas medias y máximas) de color pardo a pardo oscuro, textura franco limosa, fertilidad alta y moderadamente bien drenados. Este grupo integra las unidades Kiyú (Colonia y San José) y Toledo (Montevideo y Canelones) de la carta a escala 1:1.000.000 (D.S.F).

Sitio 2: grupo de suelos 03.51: Comprende las planicies alcalinas, con meso y micro relieve que bordean las lomadas continentales, así como las áreas alcalinas en el de las llanuras. Los suelos dominantes son suelos halomórficos; Solods Ócricos, Solonetz Solodizados Ócricos y Solonetz de texturas limosas. Los suelos halomórficos ocupan aproximadamente un 50% de la asociación. Asociados a estos se encuentran Planosoles Subéutricos Ócricos, de texturas limosas y francas, y además Gleysoles Lúvicos Melánicos Típicos, francos (Gley húmicos). El material madre esta constituido por lodolitas limo arcillosas pertenecientes a la formación Dolores. Se corresponde a la unidad Rincón de Ramírez en la carta a escala 1:1.000.000 (D.S.F.).

Sitio 3: grupo de suelos 10.8a: Los suelos corresponden a Vertisoles Rúpticos Típicos y Lúvicos (Grumosoles) y Brunosoles Eútricos y Subéutricos Típicos (Praderas Negras y Pardas medias), de color negro o pardo muy oscuro, textura franco arcillo limosa, fertilidad alta y moderadamente bien drenados. Este grupo se corresponde a las unidades Tala-Rodríguez, Libertad y San Jacinto e integran en menor proporción las unidades Ecilda Paullier-Las Brujas e Isla Mala de la carta a escala 1:1.000.000 (D.S.F).

3.1.3 Preparación del suelo

- Laboreo convencional en las tres localidades.
- Análisis de suelo:
 - Sitio 1: P bray 1= 18 ppm.
 - Sitio 2: P bray 1= 65 ppm.
 - Sitio 3: P bray 1= 18 ppm.

El nivel crítico para el cultivo es 15 ppm. En las tres localidades el contenido de P a siembra fue mayor. De todas formas por recomendación del tutor se procedió a aplicar 65 Kg/Ha de Sulfato Diamónico (18-46-0) como dosis estándar, la cual agrega 30kg P₂O₅/ha y 12 Kg. N/ha.

3.2 TRATAMIENTOS

Se realizaron cortes con tijera en dos momentos del estado vegetativo del cultivo (V6 y V8) a diferentes alturas de remanente (rastrojo) (20, 30 y 40 cm). El corte final se realizó en estado de grano pastoso simulando un corte para ensilar (remanente de 20 cm).

En los tratamientos testigo se realizó solamente el corte final. Para el sitio 1 hubo que modificar el criterio de corte final ya que las deficiencias hídricas eran muy severas, así, se procedió a cortar cuando se llegó a tener 50% de hojas secas.

Cuadro No. 4. Características de los tratamientos

Tratamiento	Cultivar	Corte veg.	Altura corte	Corte rep.
1	Cangüé	-	20	grano pastoso
2	Macollador	-	20	grano pastoso
3	Híbrido	-	20	grano pastoso
4	Cangüé	V6	20	grano pastoso
5	Macollador	V6	20	grano pastoso
6	Híbrido	V6	20	grano pastoso
7	Cangüé	V6	30	grano pastoso
8	Macollador	V6	30	grano pastoso
9	Híbrido	V6	30	grano pastoso
10	Cangüé	V6	40	grano pastoso
11	Macollador	V6	40	grano pastoso
12	Híbrido	V6	40	grano pastoso
13	Cangüé	V8	20	grano pastoso
14	Macollador	V8	20	grano pastoso
15	Híbrido	V8	20	grano pastoso
16	Cangüé	V8	30	grano pastoso
17	Macollador	V8	30	grano pastoso
18	Híbrido	V8	30	grano pastoso
19	Cangüé	V8	40	grano pastoso
20	Macollador	V8	40	grano pastoso
21	Híbrido	V8	40	grano pastoso

Cuadro No. 5. Fechas de corte

Localidad	Corte V6	Corte V8	Corte final
Sitio 1	01/12/2011	19/12/2011	23/01/2012
Sitio 2	10/12/2011	24/12/2011	23-28/1/2012
Sitio 3	19/12/2011	31/12/2011	28/01/2012

Para el caso del Sitio 2, corte final, este se realizó en dos fechas (23 y 28 de enero de 2012) de manera de que todos los tratamientos fueran cortados en el estado de grano pastoso.

Altura de corte: se evaluaron tres alturas de corte en estado vegetativo: dejando un forraje remanente (rastrojo) de 20, 30, y 40 cm desde el suelo. Para el corte final se utilizó una altura de rastrojo de 20 cm.

3.3 SIEMBRA Y DESARROLLO DE LOS ENSAYOS

3.3.1 Tratamiento de la semilla

- La semilla de los tres materiales fue curada con Imidacloprid.

3.3.2 Siembra y distribución de plantas

Los ensayos se sembraron entre el 15 y 16 de octubre de 2011 a mano con bastones. Por cada parcela se sembraron dos surcos de 7 metros de largo con una distancia entre hileras de 70cm. Se colocaron dos semillas por sitio, que luego de implantación fueron raleadas para lograr la población deseada, 70000 plantas por hectárea.

3.3.3 Fertilización nitrogenada durante el cultivo

- 100kg Urea/ha (46 unidades de N/ha) en V4.
- 100kg Urea/ha (46 unidades de N/ha) en V8.

3.3.4 Control de malezas en preemergencia

- 1 Kg/ha Atrazina.
- 1,2 Lts/ha Dual Gold.

3.3.5 Control de insectos

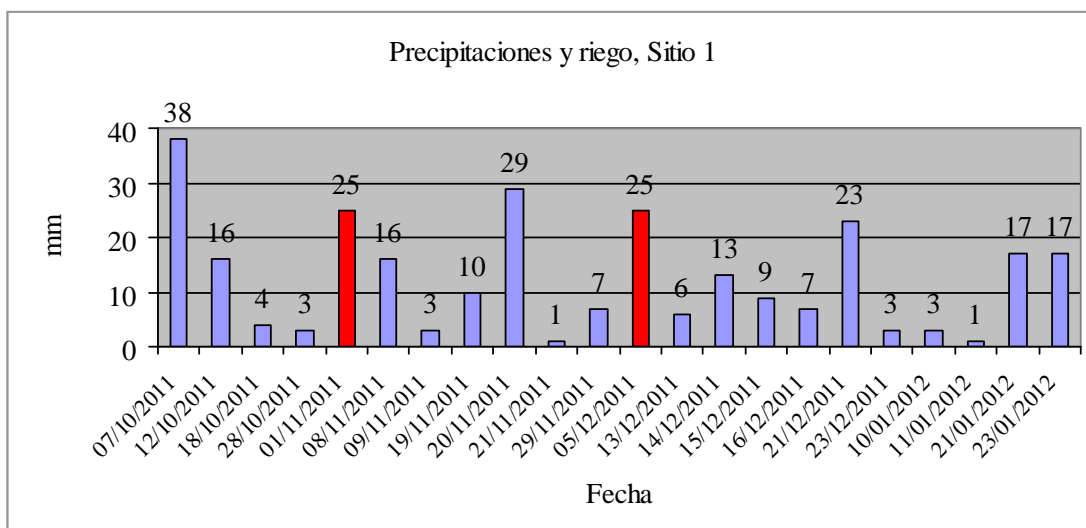
- Cuando la planta diferenció su sexta hoja (V6), control de Spodoptera con Spinosad 60cc/Ha y Dusilan 150 CC.

En el sitio 3 fue necesaria una segunda aplicación por reincidencia.

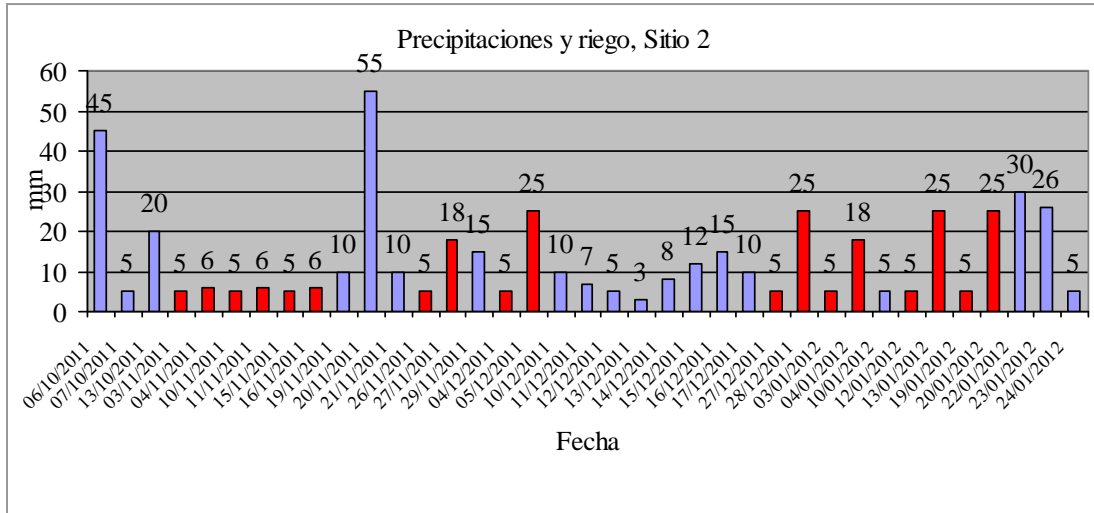
3.3.6 Régimen hídrico

A continuación se presentaran los datos de precipitaciones y riegos ocurridos en cada localidad.

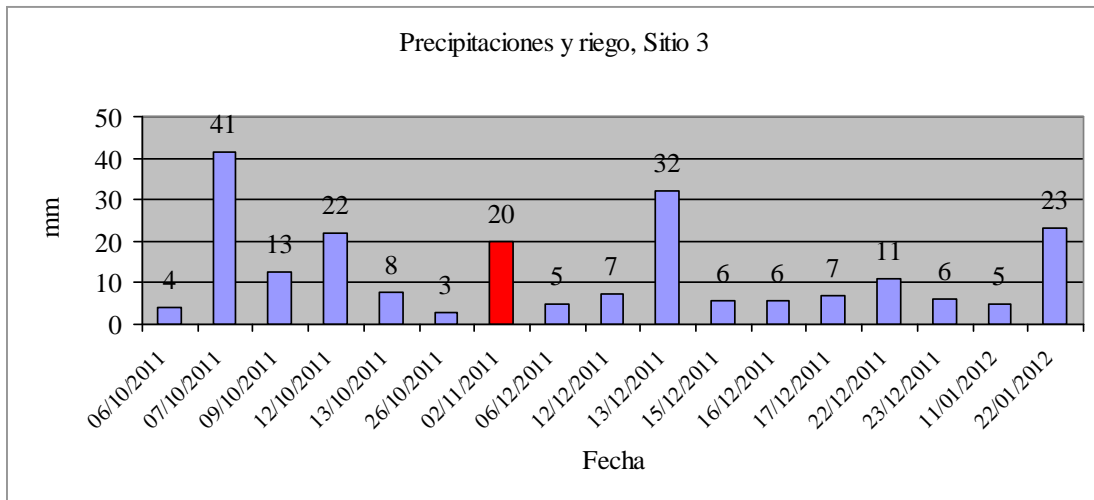
Gráfica No. 3. Disponibilidad de agua en sitio 1



Gráfica No. 4. Disponibilidad de agua en sitio 2



Gráfica No. 5. Disponibilidad de agua en sitio 3



*Nota: barras rojas indican riego, las azules precipitación.

Se presenta a continuación un cuadro que contiene una aproximación a la situación hídrica durante cultivo de maíz, el cual requiere mínimamente de 600 mm. (Niscosia y Martin, 1998) para un normal desarrollo. Cabe mencionar que la distribución del agua durante el ciclo del cultivo es muy importante, haciendo más difícil aun lograr un óptimo abastecimiento de las necesidades hídricas del cultivo.

Cuadro No. 6. Agua en el cultivo, precipitaciones y riego

Agua acumulada	Sitio 1 (mm.)	Sitio 2 (mm.)	Sitio 3 (mm.)
Siembra-V6	152	256	174
V6-V8	60	60	17
V8-final	64	179	28
Total	276	495	219
Demanda total	600	600	600
(Aporte* - Demanda)	-324	-105	-381

*Nota: Aporte = Precipitaciones + Riego

Aquí se toma en cuenta las precipitaciones o riego desde el 6 de octubre, momento desde el cual se registraron datos. No se conoce el total de agua disponible en el suelo al comienzo del cultivo.

3.4 DETERMINACIONES

3.4.1 Rendimiento (KgMS/ha) en corte vegetativo y corte final

En los estados vegetativos se procedió a cortar ambos surcos para pesar y estimar el rendimiento por hectárea. En el corte final se cortó un solo surco siendo pesado para obtener dicha estimación.

3.4.2 Composición morfológica (% hoja, % tallo, % mazorca)

De cada tratamiento se obtiene una muestra de 2 kg, la cual se separa en hoja, tallo y mazorca para obtener sus pesos en fresco. Las que luego de secadas en estufa a 60 °C por 48 horas se pesan para obtener MS y las relaciones entre ellas.

3.4.3 Composición química

El material secado se muele en un molino Willey a 2 mm. previo a su ingreso al Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía para la determinación de la composición química. Del material original se tomaron muestras compuestas (una por sitio) de 2 kilos al momento del corte. Las muestras fueron secadas a 60 °C (MS60) y a 105 °C (MS105), realizándose el análisis secuencial propuesto por Van Soest (1973), Van Soest et al. (1991). Obteniéndose los valores de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina detergente ácido (LDA), cenizas (Cenizas) y el nitrógeno total expresado como proteína cruda (PC).

3.4.4 Macollos por planta

Numero de macollos/planta, al momento del primer corte de cada tratamiento se procedió al conteo de los macollos.

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Es un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones por sitio.

Serie de bloques completos al azar (DBCA):

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i(S_i) + A_j + V_k + M_l + S_o + (AV)_{jk} + (AM)_{jl} + (AS)_{jo} + (VM)_{kl} + (VS)_{ko} + (MS)_{lo} + (AVM)_{jkl} + (AVS)_{jko} + (AMS)_{jlo} + (VMS)_{klo} + (AVMS)_{ijkl} + \epsilon_{ijkl}$$

Dónde:

- μ : efecto de la media general
- $\alpha_i(S_i)$: efecto del bloque anidado en el sitio.
- A_j : efecto de la altura.
- V_k : efecto del momento de corte.
- M_l : efecto del material.

Supuestos al modelo:

- Es correcto en relación al material experimental,
- Es aditivo,
- No existe interacción bloque por tratamiento

Supuestos a los errores experimentales:

- Son variables aleatorias,
- ϵ_{ijkl} se distribuye normal
- $E(\epsilon_{ijkl}) = 0$ para todo $ijkl$
- $V(\epsilon_{ijkl}) = S^2_{ijkl}$

Se plantearon las siguientes hipótesis:

Para producción de MS acumulada

- $H_o: T_1 = T_2 = T_3 \dots = T_{21}$
- H_a : existe al menos un tratamiento distinto

Para evaluación de calidad (%PC, %MS, FDN)

- $H_0: T_1=T_2\dots=T_{21}$
- H_a : existe al menos un tratamiento distinto

Para producción de macollos

- $H_0: T_1=T_2=T_3\dots=T_{21}$
- H_a : existe al menos un tratamiento distinto

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RENDIMIENTO TOTAL DE MATERIA SECA

Se analiza la variable KgMS/ha total (corte vegetativo más corte final). A los efectos del análisis estadístico para esta variable, se eliminó el sitio tres debido a que presentaba datos erráticos y contradictorios por un error en la distribución de los bloques en el campo que compromete la homogeneidad dentro de cada bloque.

4.1.1 Rendimiento total (KgMS/Ha) sin los testigos

Este análisis no contienen los tratamientos testigos ya que los mismos no se someten de igual forma que los demás tratamientos los cuales sufrieron un corte vegetativo y uno reproductivo. Por lo tanto, en primera instancia se procedió a realizar un análisis de los tratamientos sometidos a los dos cortes, que cumplen con un factorial completo.

El modelo estadístico utilizado fue un ANAVA de un DBCA y separación de medias según Tukey (5% de significancia).

Cuadro No. 7. Resultados del ANAVA

Efecto	Pr > F
Bloque(sitio)	0.1549
Material*Altura*Momento	0.1397
Sitio*Material*Altura	0.0672
Sitio*Material*Momento	0.0010
Sitio*Altura*Momento	0.0004

A continuación se analizaran las interacciones que mostraron significancia en el ANAVA, aquí dieron significativas algunas interacciones dobles y triples. A los efectos del análisis se considera que, si una interacción doble esta dentro de una triple se deberá analizar solo esta última. Para su estudio se decidió desglosarla sacando el factor sitio y analizar la interacción doble dentro de este. Por ejemplo, interacción Sitio x Material x Altura, se evalúa la interacción entre material y altura de corte para el sitio uno y el sitio dos por separado.

4.1.1.1 Interacción sitio x material x altura

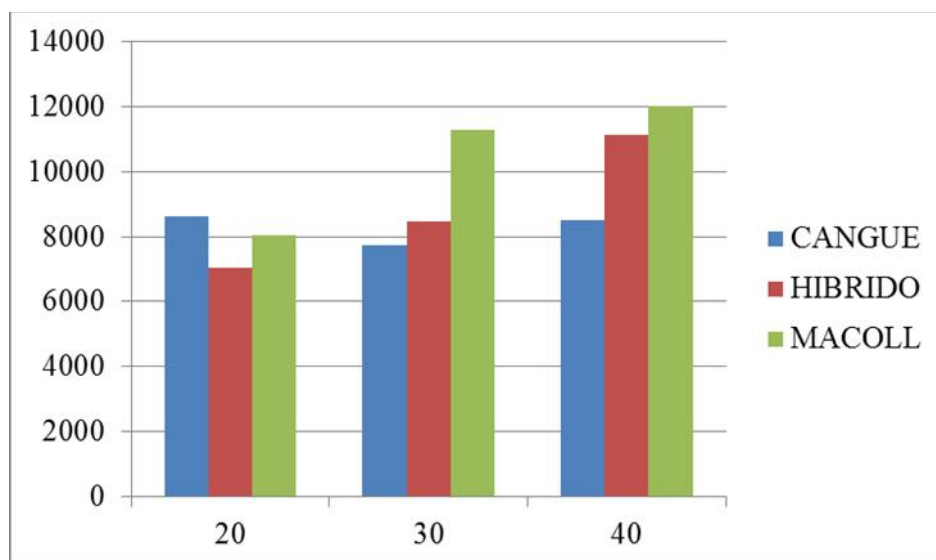
En el sitio 1, los resultados estadísticos indican que el Macollador a 30 y 40 cm dan producciones totales superiores al Macollador, Cangüé e Híbrido cortados a 20, 30 y 20 cm respectivamente.

Cuadro No. 8. Interacción material x altura en sitio 1

Material	Altura	KgMS	Letra
M	40	12005	A
M	30	11291	AB
H	40	11129	ABC
C	20	8618	BCD
C	40	8494	BCD
H	30	8459	BCD
M	20	8034	CD
C	30	7733	D
H	20	7056	D

Test de Tukey al 5% de significancia. Letras distintas indican diferencias significativas.

Gráfica No. 6. Interacción material x altura en sitio 1



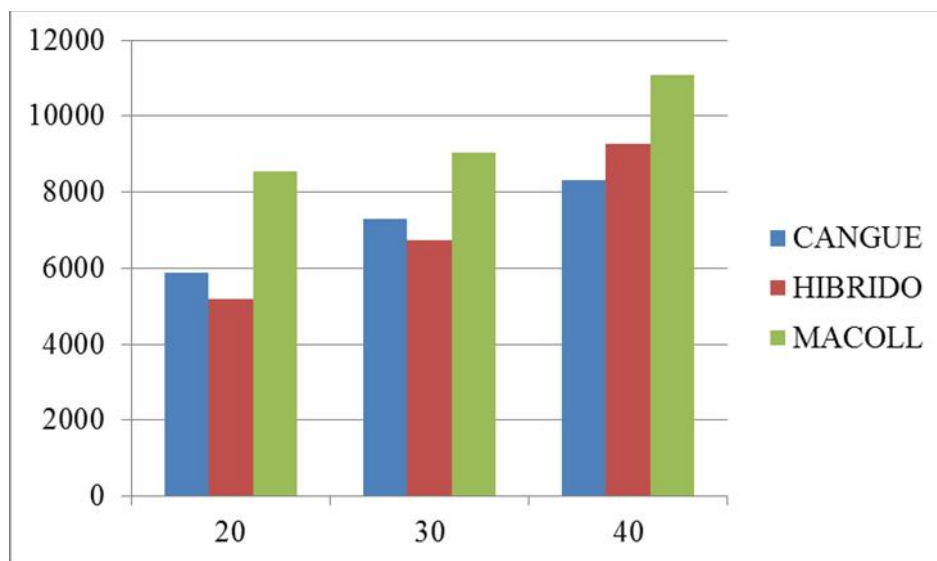
Para el caso del sitio 2, los resultados muestran que, nuevamente el Macollador cortado a 40cm, es superior a Cangüé e Híbrido cortados a 30 y 20 cm.

Cuadro No. 9. Interacción material x altura en sitio 2

Material	Altura	KgMS	Letra
M	40	11081	A
H	40	9288	AB
M	30	9048	ABC
M	20	8542	ABC
C	40	8303	ABCD
C	30	7301	BCD
H	30	6726	BCD
C	20	5869	CD
H	20	5189	D

Test de Tukey al 5% de significancia. Letras distintas indican diferencias significativas.

Gráfica No. 7. Interacción material x altura en sitio 2



Se observa como los tres materiales tienen la tendencia a aumentar los KgMS/ha acumulada a medida que la altura del remanente aumenta. La única excepción a esto es el Cangüé en el sitio 1, en el que no hay variación estadística del rendimiento para las tres alturas de corte.

Esto puede deberse a que en cortes más altos, el remanente tenga una relación lámina/vaina mayor, dejando más material fotosintéticamente activo que posibilita un mejor y más rápido rebrote. Por otro lado, también sucede que en cortes más bajos, y

sobre todo en V8 pueden removerse los puntos de crecimiento imposibilitando el rebrote y en consecuencia caen las producciones acumuladas.

4.1.1.2 Interacción sitio x material x momento corte

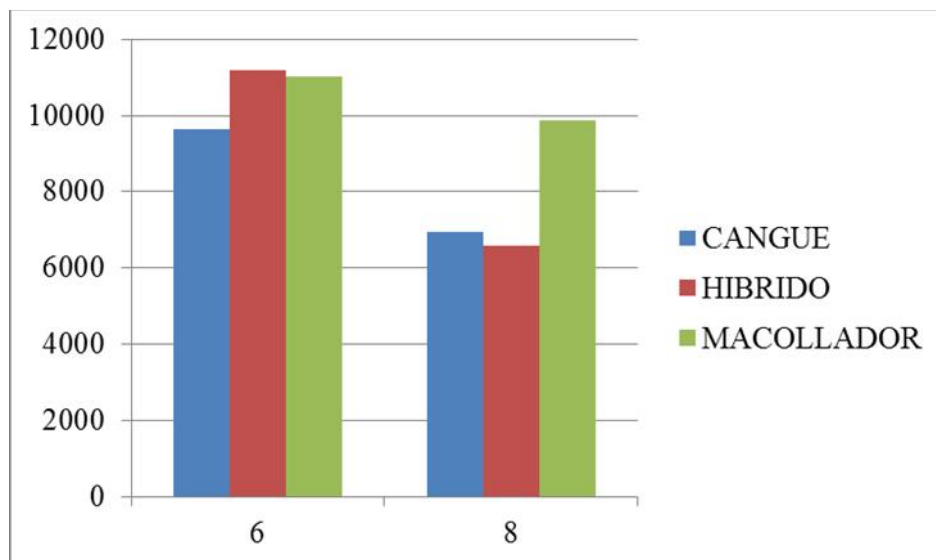
En el sitio 1 es clara la superioridad de los manejos en V6 con relación a los cortes en V8. Se destaca el Macollador, que puede ser cortado en V8 sin diferencias significativas con los cortes en V6, indicando que puede ser cortado más tardíamente que los otros materiales.

Cuadro No. 10. Interacción material x momento de corte en sitio 1

Material	Momento	KgMS	Letra
H	V6	11176	A
M	V6	11024	A
M	V8	9864	A
C	V6	9625	A
C	V8	6938	B
H	V8	6587	B

Test de Tukey al 5% de significancia. Letras distintas indican diferencias significativas.

Gráfica No. 8. Interacción material x momento de corte en sitio 1



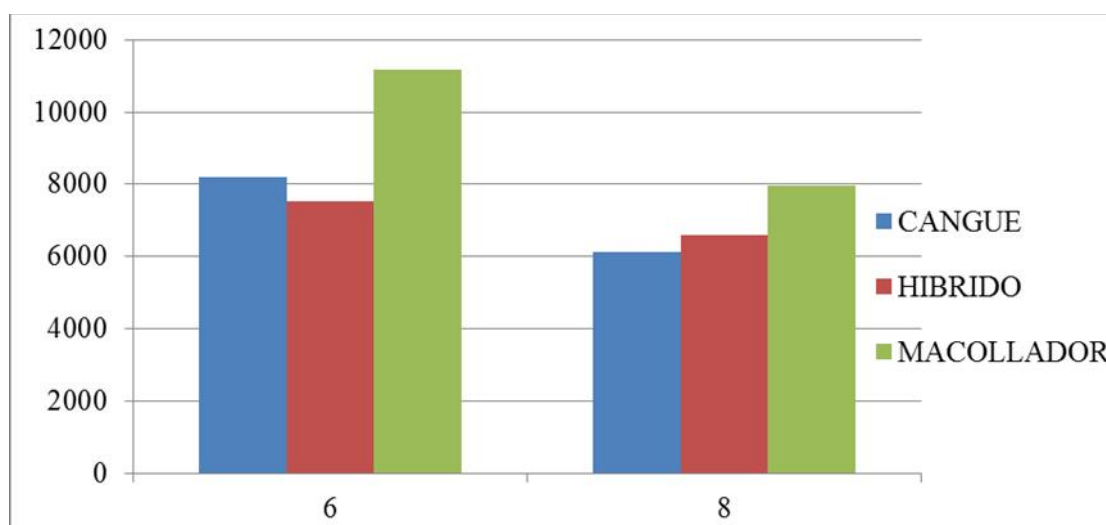
Cuadro No. 11. Interacción material x momento de corte en sitio 2

Material	Momento	KgMS	Letra
M	V6	11163	A
C	V6	8197	B
M	V8	7951	B
H	V6	7532	B
H	V8	6603	B
C	V8	6118	B

Test de Tukey al 5% de significancia. Letras distintas indican diferencias significativas.

Para el sitio dos, solo se diferencian el corte en V6 del Macollador que es superior a todos los demás manejos que estadísticamente son iguales entre sí. El único material en el que hay diferencias significativa en producción en KgMS (disminuye) entre el corte V6 y V8 es el Macollador.

Gráfica No. 9. Interacción material x momento de corte en sitio 2



En esta interacción se observa un patrón de disminución de la producción de MS cuando se pasó de corte V6 a V8 para todos los materiales y sitios, más allá de que no existan diferencias significativas. A excepción del sitio 1 en V6, (donde estadísticamente no mostró diferencias con los mejores tratamientos) el material Macollador se comportó de manera superior en producción respecto a los demás materiales.

4.1.1.3 Interacción sitio x altura x momento

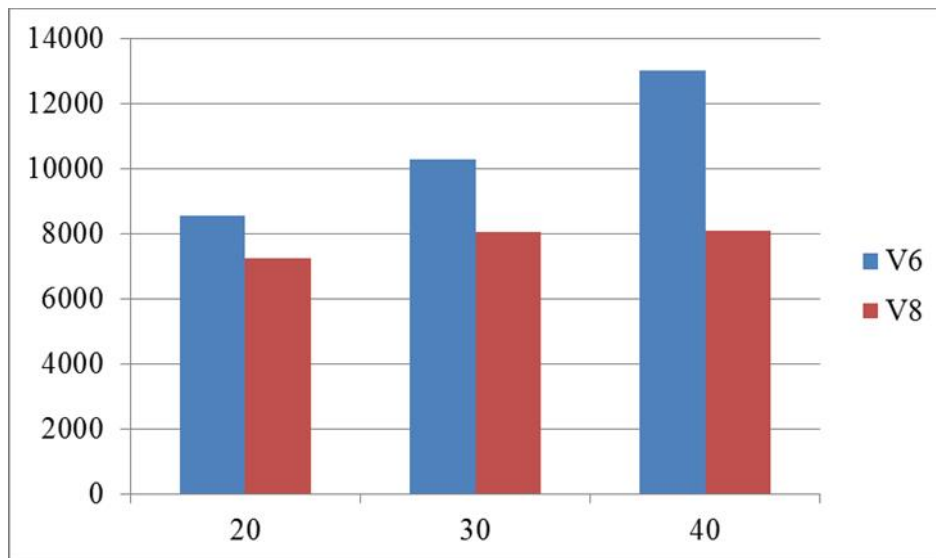
Para el sitio 1, el corte en V6 a 40 cm. es superior a todo el resto de los tratamientos. Los manejos a V6 a 30 y 40 cm son superiores en este sitio al corte a 20 cm en V8.

Cuadro No. 12. Interacción altura x momento en sitio 1

Momento	Altura	KgMS	Letra
V6	40	12999	A
V6	30	10282	B
V6	20	8544	BC
V8	40	8086	BC
V8	30	8041	BC
V8	20	7262	C

Test de Tukey al 5% de significancia. Letras distintas indican diferencias significativas.

Gráfica No. 10. Interacción altura x momento en sitio 1



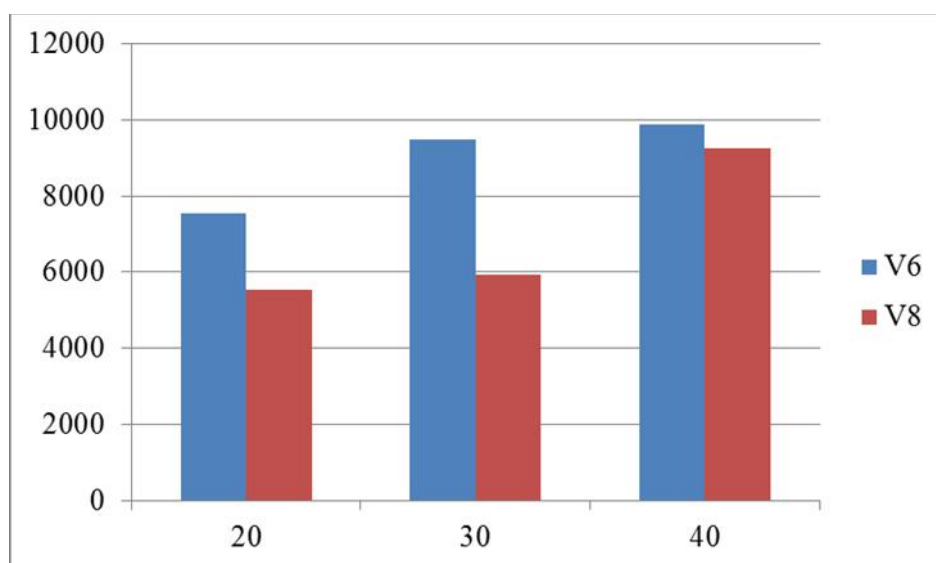
Cuadro No. 13. Interacción altura x momento en sitio 2

Momento	Altura	KgMS	Letra
V6	40	9877	A
V6	30	9469	A
V8	40	9238	A
V6	20	7546	AB
V8	30	5915	B
V8	20	5521	B

Test de Tukey al 5% de significancia. Letras distintas indican diferencias significativas.

En el sitio 2 los cortes en V6 a 40 y 30 cm, junto al corte de V8 a 40 cm, son superiores que los cortes en V8 a 20 y 30 cm. El corte de V6 a 20 cm puede deparar en altos rendimientos o bajos, siendo indiferente estadísticamente respecto a los demás. El corte de V8 a 40 cm, nos indica que al retrasar el momento, se debe aumentar la altura.

Gráfica No. 11. Interacción altura x momento en sitio 2

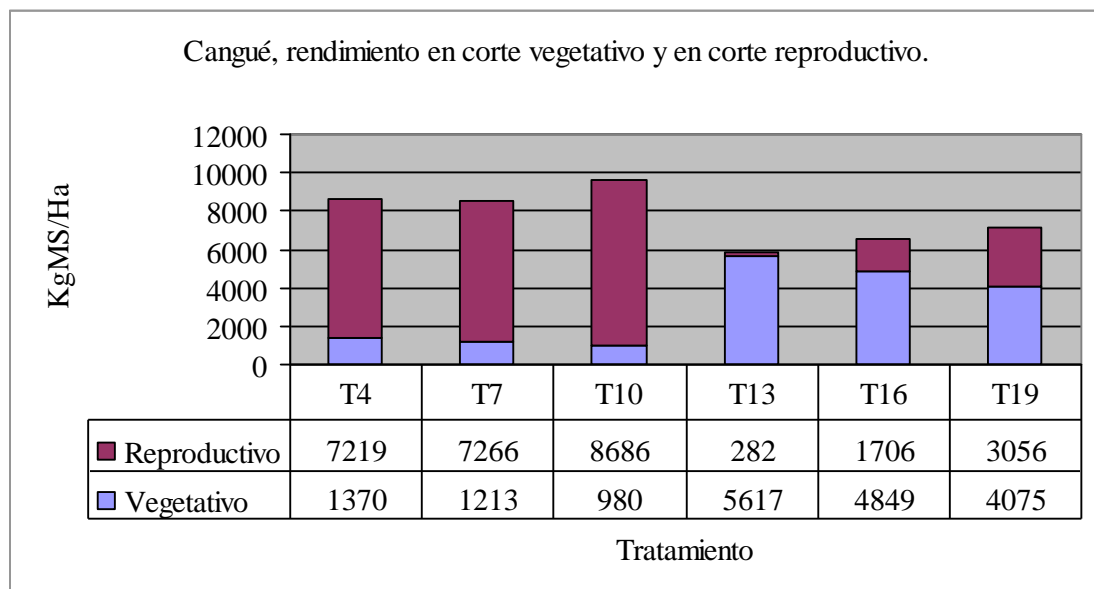


Los resultados presentados en las gráficas expuestas se pueden explicar desde el punto de vista fisiológico. A medida que aumenta la altura de corte (se pasa de 20 a 40 cm), y se adelanta el momento (se pasa de V8 a V6) las producciones de MS suben, debido a que el porcentaje de hoja remanente aumenta dejando un área foliar fotosintéticamente más eficiente que posibilita un mejor y más rápido rebrote. Además, cuando se corta en V8 a alturas bajas en algunos casos se extraen los puntos de crecimiento (ver 4.1.1.4, “Efecto del corte inicial en la producción total en función del tratamiento para cada material”), imposibilitando el rebrote y haciendo caer las

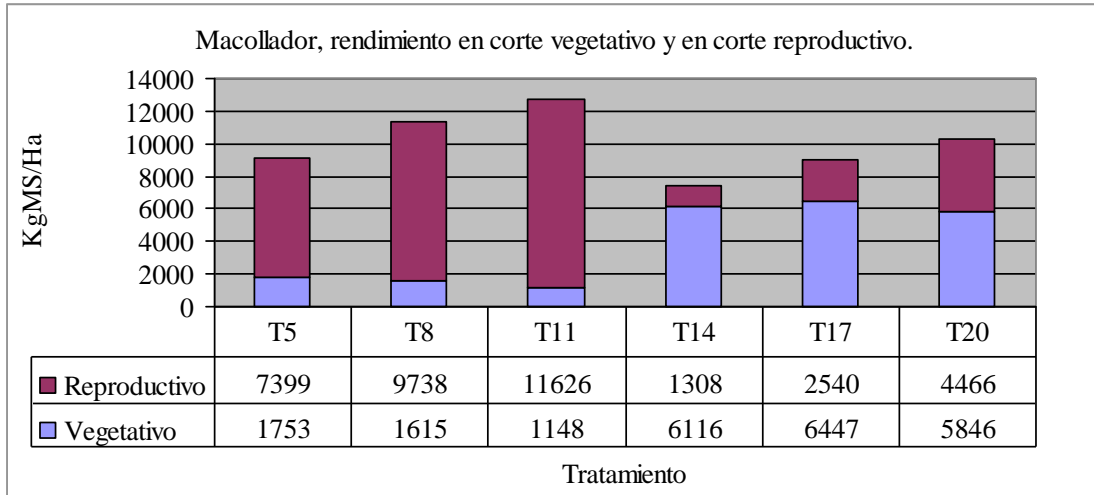
producciones promedio de estos cortes. Por otro lado, cuando se interacciona la altura con el momento de corte, se ve como a iguales alturas los cortes en V6 tuvieron producciones superiores a V8, explicado esto nuevamente por el área foliar remanente fotosintéticamente más eficiente (hojas más jóvenes). Cortando a mayores alturas y en momentos más tempranos se cosechan menos kilos pero el rebrote compensa y da como resultado más kilos de materia seca acumulada.

4.1.1.4 Efecto del corte inicial en la producción total en Función del tratamiento para cada material

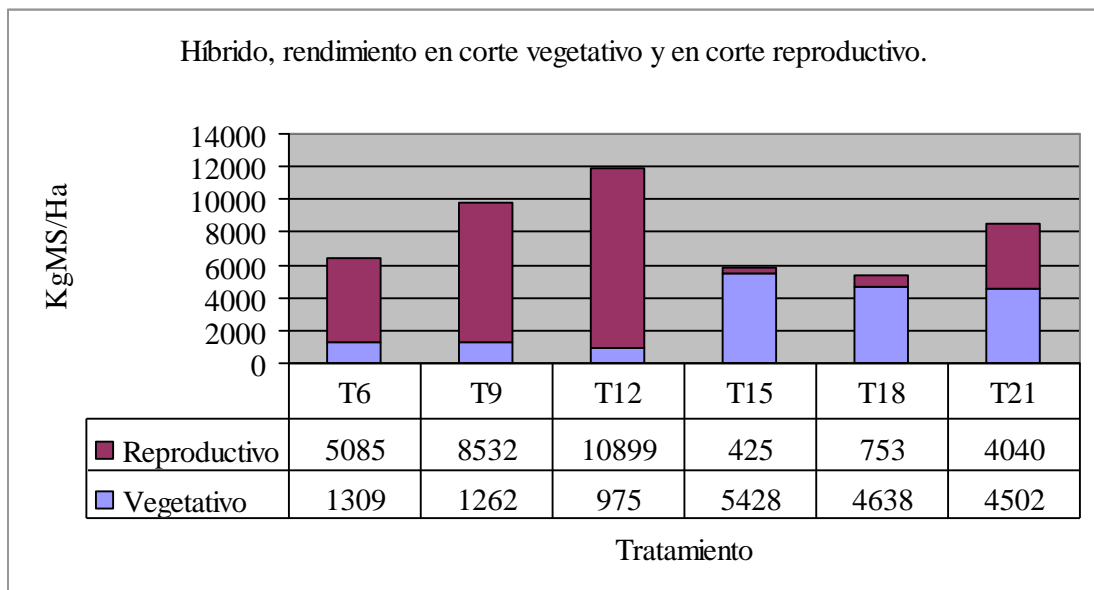
Gráfica No. 12. Rendimiento del corte vegetativo y reproductivo del Cangüé



Gráfica No. 13. Rendimiento del corte vegetativo y reproductivo del Macollador



Gráfica No. 14. Rendimiento del corte vegetativo y reproductivo del Híbrido



Como ya se dijo en el punto anterior, las producciones totales de los cortes en V6 son superiores a los de V8 como se refleja en estas gráficas. Pero además, aquí se ve el efecto del momento de corte en la capacidad de rebrote a causa de la eliminación de los puntos de crecimiento. En este sentido, se ve como cortes en V6 son los que en mejores condiciones dejan a la planta para rebrotar. Mientras que con cortes en V8 las

producciones en el corte final se ven muy reducidas, incluso en algunos casos nulas, evidenciando eliminación de los puntos de crecimiento. Dicho esto, se ve una leve tendencia entre los materiales, así, el Híbrido es el que tiene más afectada su capacidad de rebrote, seguido por el Cangüé. El Macollador por otro lado, si bien ve afectada su capacidad de rebrote, es levemente menor el efecto negativo, explicado por la presencia de macollos que si rebrotan luego del corte ya que están en un estadio más atrasado que el tallo principal al momento del corte y por lo tanto sus puntos de crecimiento no son eliminados. Esto concuerda con Funaro y Paccapelo (2001), quienes afirman que la morfología macolladora de una población se traduce en un crecimiento más prolongado, favoreciendo principalmente la producción de hojas y aumentando la producción de materia seca respecto a un maíz tradicional.

Observando los resultados (ver cuadro No. 14.), se ve que para los tres materiales, los tratamientos de V8 a 20 cm son estadísticamente inferiores a 6 tratamientos; los tres tratamientos testigos, T8, T11 y T12. En esta situación se eliminan los puntos de crecimiento, quitando la posibilidad de rebrote. En este sentido, el Macollador se comporta de forma superior, ya que presenta un rebrote de 1308 kg. Esto se explica por la presencia de macollos, que rebrotan ya que son tallos fenológicamente más atrasados, y sus puntos de crecimiento escapan al pastoreo. Por lo tanto son capaces de emitir rebrote y producir algo más de MS.

Dicho esto, se ve como el Macollador es superior por su versatilidad, ya que en el peor de los casos presenta un rebrote que podría volver a pastorearse, aunque sean pocos KgMS.

4.1.2 Rendimiento total (KgMS/Ha) considerando los testigos

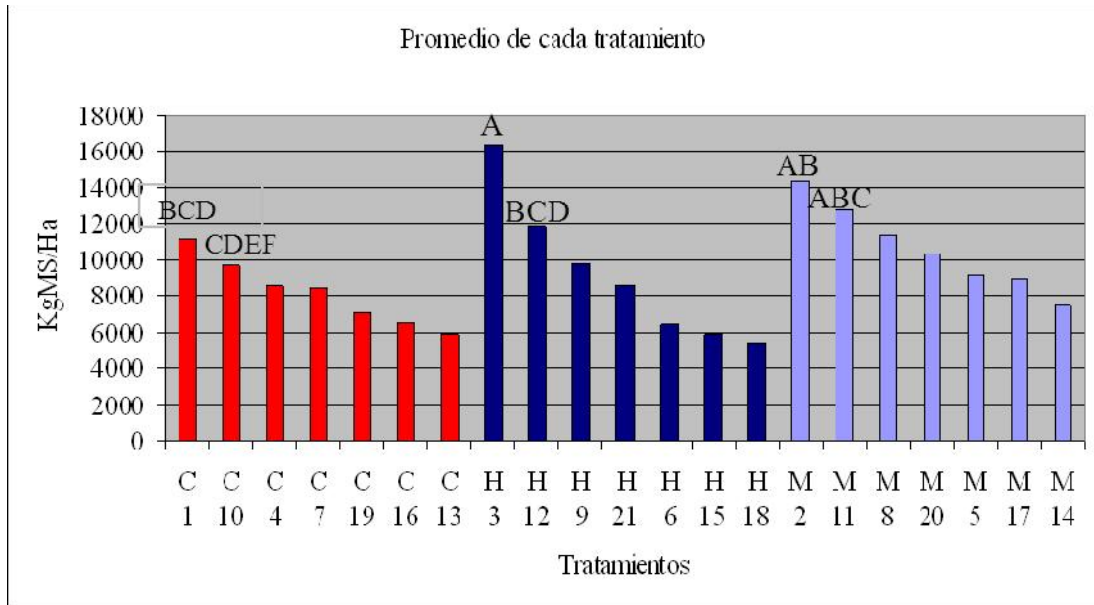
El cuadro No. 14 presenta los resultados del ANAVA con separación de medias por método Tukey al 5% considerando los tratamientos testigos (T1, T2 y T3).

Cuadro No. 14. Impacto del tratamiento en la producción de forraje por material

Tratamiento	Material	KgMS/Ha	Letra
3	H	16415	A
2	M	14368	AB
11	M	12774	ABC
12	H	11874	BCD
8	M	11353	BCD
1	C	11191	BCD
20	M	10312	CDE
9	H	9763	CDEF
10	C	9665	CDEF
5	M	9152	CDEFG
17	M	8986	DEFGH
4	C	8589	DEFGH
21	H	8542	DEFGH
7	C	8479	DEFGH
14	M	7423	EFGH
19	C	7131	EFGH
16	C	6555	FGH
6	H	6393	FGH
13	C	5898	GH
15	H	5852	GH
18	H	5391	H

Test de Tukey al 5% de significancia. Letras distintas indican diferencias significativas.

Gráfica No. 15. Producción de cada tratamiento

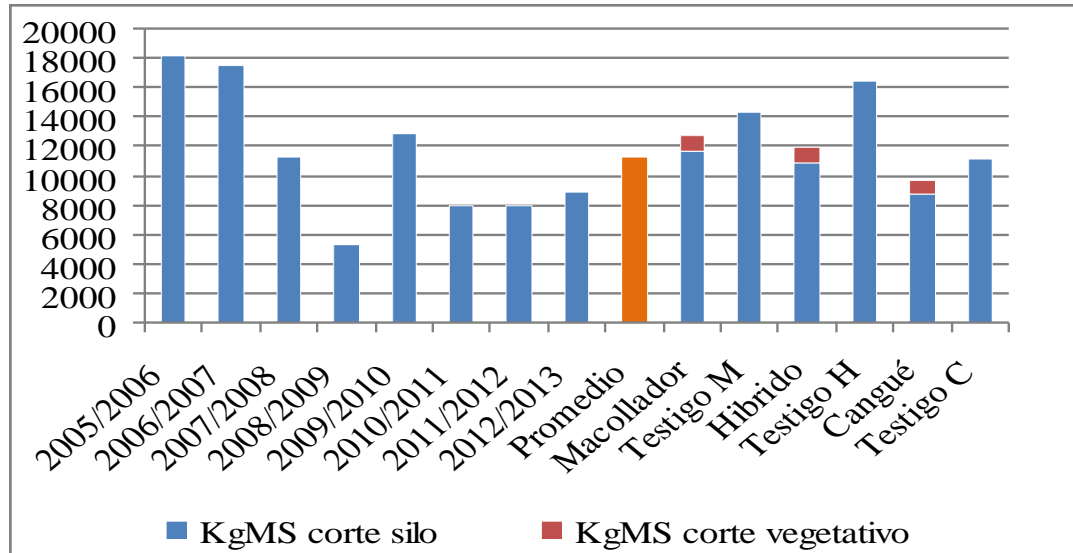


Observando la gráfica No 15 se pone de manifiesto que los mayores valores de producción corresponden a los tratamientos 3, 2 y 11, que corresponden a Híbrido testigo, Macollador testigo y Macollador cortado en V6 a 40 cm. respectivamente.

Por otro lado, vemos también que el Híbrido sometido a cortes vegetativos, a diferencia de Macollador y Cangüé, no es capaz de alcanzar rendimientos iguales a su testigo.

Por último, si comparamos los mejores tratamientos sometidos a corte vegetativo con el testigo del Híbrido considerándolo como una de las mejores alternativas para silaje exclusivamente, se observa que el Macollador es el único material que no difiere significativamente del Híbrido testigo.

Gráfica No. 16. Rendimiento de testigos y mejores manejos frente al promedio general y anual de la evaluación de cultivares del INIA-INASE



Fuente: Vilaró (2006, 2007, 2008) Castro et al. (2009, 2010, 2011, 2012, 2013). primer fecha de siembra para cultivares de maíz.

La gráfica pone de manifiesto como el rendimiento de los mejores tratamientos evaluados es superior o levemente inferior (caso del material Cangüé) al promedio de producción de materia seca de las series 2005-2013 de la Evaluación de Cultivares de INIA-INASE.

Se observa como los materiales evaluados que fueron pastoreados en estado vegetativo, producen después un silo con rendimientos acordes a los materiales de silo exclusivamente de INIA-INASE. A los efectos de la comparación, se tomo la primera fecha de siembra de la Evaluación, correspondiente al mes de octubre, y cabe recordar que el diseño experimental utilizado es el mismo estandarizado por INIA-INASE.

4.2 ANÁLISIS DE LA VARIABLE MACOLLOS/PLANTA

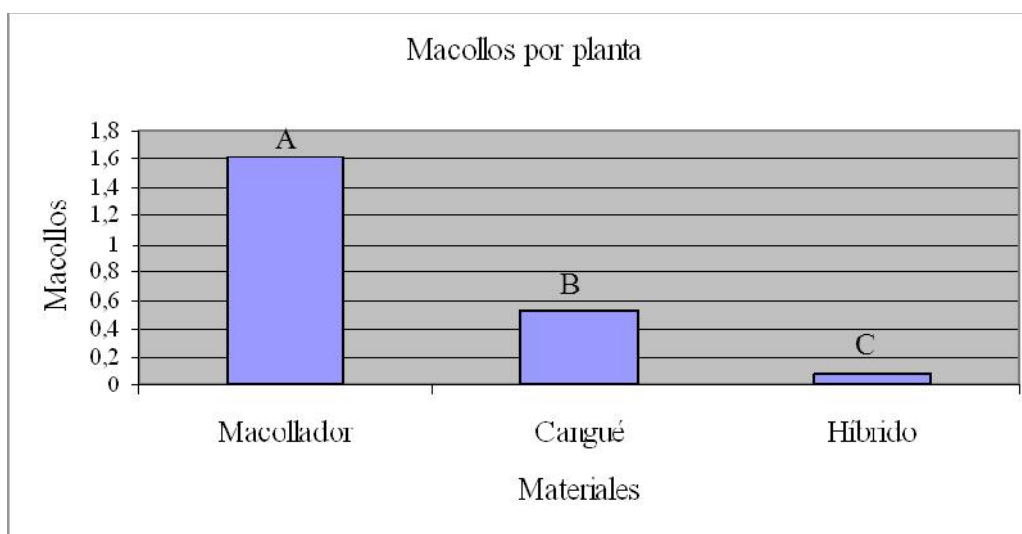
El conteo de número de macollos por planta se realizó al momento del corte vegetativo en la mayoría de los tratamientos a excepción de los testigos que se relevaron al momento del corte reproductivo.

El modelo estadístico utilizado fue un ANAVA de un DBCA y separación de medias según Tukey a al 5% de significancia.

Cuadro No. 15. Resultados del ANAVA

Efecto	p-valor
material	<0,001
sitio	0,17
material*sitio	0,262

Gráfica No. 17. Macollos por planta según material



El Macollador presenta una producción de macollos significativamente superior a los demás materiales. En concordancia con lo expuesto anteriormente, la presencia de macollos contribuye a una mayor producción de MS a final de ciclo, explicado por una mayor capacidad de rebrote luego del corte.

Los macollos son tallos fenológicamente más atrasados que el tallo principal. Este último pierde la capacidad de rebrote en los cortes más agresivos por la remoción de su punto de crecimiento. En este sentido, la presencia de macollos permite que a pesar de haberse removido el punto de crecimiento del tallo principal, la planta rebrote.

4.3 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA

Para este análisis se evalúan las muestras de cada tratamiento provenientes de los tres sitios y se obtienen los efectos del tratamiento y sitio en las variables evaluadas.

La gran mayoría de las variables no se vieron afectadas por ninguno de estos dos factores. Por este motivo se presenta el promedio ponderado de los valores obtenidos para cada variable. En cambio cuando el efecto fue significativo, se presenta en el cuadro un * el cual será desarrollado posteriormente.

Cuadro No. 16. Calidad en corte vegetativo

CORTE VEGETATIVO								
	HOJA				TALLO			
	Trat.	Sig.	Sitio	Sig.	Trat.	Sig.	Sitio	Sig.
% MS	17,29	NS	17,26	NS	8,53	NS	10,02	NS
% MO	89,59	NS	89,57	NS	89,28	NS	*	0,0145
% PC	*	0,0011	*	0,0008	12,51	NS	12,56	NS
% FDN	65,4	NS	65,45	NS	60,5	NS	60,58	NS
% FDA	34,78	NS	*	0,0053	34,2	NS	34,2	NS
% Lig	4,22	NS	*	0,0001	3,57	NS	3,56	NS

Cuadro No. 17. Calidad en corte final

CORTE FINAL								
	HOJA				TALLO			
	Trat.	Sig.	Sitio	Sig.	Trat.	Sig.	Sitio	Sig.
% MS	27,18	NS	27,18	NS	20,9	NS	20,97	NS
% MO	88,77	NS	88,77	NS	93,8	NS	93,8	NS
% PC	11,4	NS	*	0,0317	4,66	NS	4,66	NS
% FDN	63,6	NS	*	0,0087	62,06	NS	62,06	NS
% FDA	31,84	NS	*	0,0044	36,25	NS	36,25	NS
% Lig	3,64	NS	3,68	NS	4,05	NS	4,05	NS

Continuación del cuadro No. 17. Calidad en corte final

MAZORCA				
	Trat.	Sig.	Sitio	Sig.
%MS	18,64	NS	18,64	NS
%MO	96,9	NS	96,9	NS
%PC	9,46	NS	9,46	NS
%FDN	53,05	NS	53,05	NS
%FDA	21,91	NS	21,91	NS
%Lig	2,37	NS	2,37	NS

Fuente: elaboración propia en base a resultados de análisis.

Existe un efecto del tratamiento en el % PC (Rango: 22,37-15,09) de la hoja en el corte vegetativo. Aquí el tratamiento 10 es superior a los tratamientos 14, 20 y 17. Esto no es explicado por un efecto de dilución ya que las producciones de estos 4 tratamientos no varían significativamente entre ella.

Con respecto al sitio, hay un efecto en el corte vegetativo sobre el % PC (Rango: 19,57-16,77) que no es explicado por dilución porque que los sitios 1 y 2 no varían significativamente entre ellos. Estas diferencias podrían atribuirse a mayor mineralización de la materia orgánica y por consiguiente mayor disponibilidad de N en suelo.

También hay un efecto del sitio en el % de proteína cruda (Rango: 13,82-9,24) de la hoja en el corte final. Aquí los niveles de PC en el sitio 2 son mayores al sitio 1, pudiendo esto ser explicado por un efecto de dilución ya que hay una tendencia a mayores rendimiento en el sitio 1 aunque no presenten diferencias significativas.

Se ve como en hoja tanto como en tallo hay más % PC en el corte vegetativo que en el corte final. Esto se debe a que en el corte vegetativo toda la proteína se distribuye por la planta mientras que al final de ciclo parte de esta migra hacia los órganos reproductivos.

Existe un efecto del sitio en el % FDN (Rango: 65,62-61,63) de la hoja en el corte final, aquí el sitio 1 presenta mayor contenido de FDN que el sitio 2. Esto podría ser explicado por las relaciones de fracciones de la MO. Se observa como en el sitio 2 donde la % PC es mayor, hace caer en proporción el FDN.

Existe efecto del sitio en el contenido de FDA (Rango: 36,64-32,89) para la hoja en el corte vegetativo, este es superior en sitio 1 que en sitio 3. En el caso del corte final, existe un efecto del sitio en el contenido de FDA (Rango: 33,38-30,26) de la hoja,

siendo el sitio 1 superior al 2. Esto podría ser explicado por el cambio de criterio para el corte final en el sitio 1, donde se cortó con 50 % de hojas secas, incrementando el % FDA.

Existe un efecto del sitio en el % lignina (Rango: 6,08-3,16) de la hoja en el corte vegetativo. El sitio 1 presenta más lignina que los sitios 2 y 3. Esto se debe nuevamente al cambio de criterio para cortar en el sitio 1. Se cortó con 50 % de hojas secas, lo cual hace aumentar mucho la proporción de lignina por disminución del resto de los componentes de la MO.

En el cuadro No. 18 se presenta la composición química que tuvo la MS de cada tratamiento para el corte final.

Cuadro No. 18. Composición química del corte final de cada tratamiento

Tratamiento	% PC	% FDN	% FDA	% LDA	% CEN.	ENL
1	6,76	65,63	37,11	4,52	7,06	1,18
2	8,22	60,97	32,15	3,04	6,75	1,30
3	8,63	57,8	30,33	4,7	7,65	1,22
4	8,76	59,36	33,26	3,53	6,8	1,29
5	6,78	61,82	32,66	2,55	7,58	1,33
6	6,47	50,24	25,53	2,44	5,04	1,41
7	6,91	63,32	33,16	3,39	6,37	1,26
8	9,27	58,67	28,88	4,12	7,73	1,24
9	7,54	58,16	29,24	3,27	5,91	1,32
10	10,15	56,95	28,6	2,97	6,5	1,36
11	9,39	58,19	30,26	3,49	7,72	1,28
12	6,84	55,54	25,56	2,35	4,51	1,40
20	3,73	56,19	29,22	3,96	6,48	1,24

Fuente: elaboración propia en base a resultados de análisis.

En el cuadro No. 19 se presentan las variables más importantes que refieren a la calidad de un alimento. La Energía Neta de Lactación fue calculada en base al NRC 2001 a partir de la composición química presentada anteriormente.

Se toma como tratamientos de referencia a los testigos y al mejor tratamiento de cada material en rendimiento total. Se agrega a efectos comparativos una columna con el valor promedio del parámetro en la evaluación de INIA-INASE (2011-2012).

Cuadro No. 19. Porcentaje de Proteína cruda, Materia Seca, Fibra detergente neutro y Energía Neta de lactación por tratamientos (incluyendo el promedio de la evaluación de cultivares INIA-INASE)

Material	Cangüé		Macollador		Híbrido		Prom. INIA
	T1	T10	T2	T11	T3	T12	
Tratamiento	T1	T10	T2	T11	T3	T12	
%MS	21,5	20,3	22	20,1	22,5	21,6	30,1
%PC	6,8	10,2	8,2	9,4	8,6	6,8	6,6
%FDN	65,6	61,0	57,8	57,0	58,2	55,5	57,1
ENL	1,18	1,36	1,3	1,28	1,22	1,4	1,41

Respecto al porcentaje de proteína cruda, se observa como los tratamientos en cuestión son superiores al promedio de INIA-INASE. Se destaca como dos materiales (Macollador y Cangüé), en sus mejores tratamientos (T10 y T11) poseen un mayor contenido de proteína cruda en planta al momento de corte final frente a sus testigos y al promedio INIA. Para el caso del Híbrido, esta tendencia se revierte y la Proteína Cruda disminuye en el tratamiento 12, frente al testigo. Los mayores valores de PC de los materiales en cuestión corresponden al Cangüé y Macollador cortados en V6 a 40 cm. (T10 y T11). Esto podría explicarse por la composición morfológica del silaje. En este sentido, en Macollador y Cangüé predominan las fracciones que contienen la proteína en la planta (hoja y tallo).

El promedio de los cultivares evaluados en INIA-INASE presenta un mayor porcentaje de MS en planta al momento del ensilaje. Esto puede estar asociado al momento en el que se realizó el corte final en el experimento, el cual puede diferir con el criterio utilizado por INIA-INASE. Para los tres materiales se observa un mayor porcentaje de materia seca en los tratamientos testigo respecto a los mejores tratamientos de cada uno.

A medida que aumenta el contenido de FDA en el alimento, la Energía Neta de Lactación disminuye, por lo tanto el menor valor de la misma que presenta el Testigo del material Cangüé se explica por un mayor contenido de pared celular del material (celulosa, lignina y sílice).

Los mayores valores de ENL provienen del Híbrido cortado en V6 a 40 cm. Esto se explica por un menor contenido de pared celular respecto a su testigo y a los demás tratamientos.

4.4 COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA EN EL CORTE PARA SILO

Se presenta a continuación el aporte de las tres fracciones (hoja, tallo y espiga) al momento del silaje final en función del tratamiento.

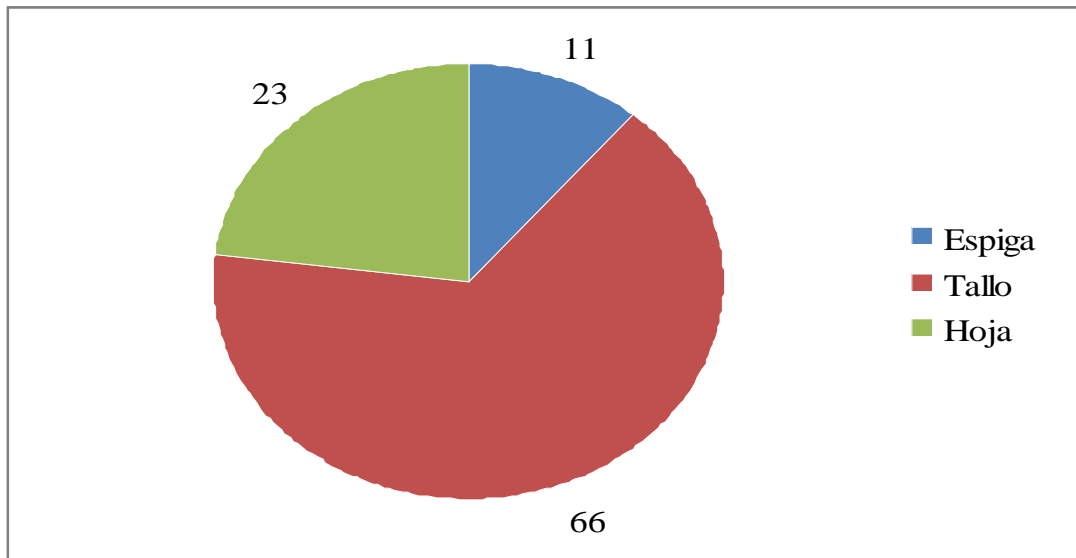
Cuadro No. 20. Porcentaje de peso seco sobre peso total de cada fracción, (hoja, tallo y espiga) para algunos tratamientos

Tratamiento	% Hoja	% Tallo	% Espiga
1	21	56	24
2	23	59	18
3	21	51	28
4	21	56	23
5	24	65	11
6	18	46	36
7	17	52	30
8	22	64	14
9	17	46	37
10	22	54	24
11	21	72	7
12	16	44	40
20	25	70	6

Como forma de analizar el cuadro se agrupan los tratamientos por material de forma de tener una idea de la composición que tendría un silo de cada uno de los materiales utilizados.

A continuación se presentan gráficos que representan el aporte de cada fracción a la construcción del rendimiento (kilos de Materia seca) de un silaje para cada material.

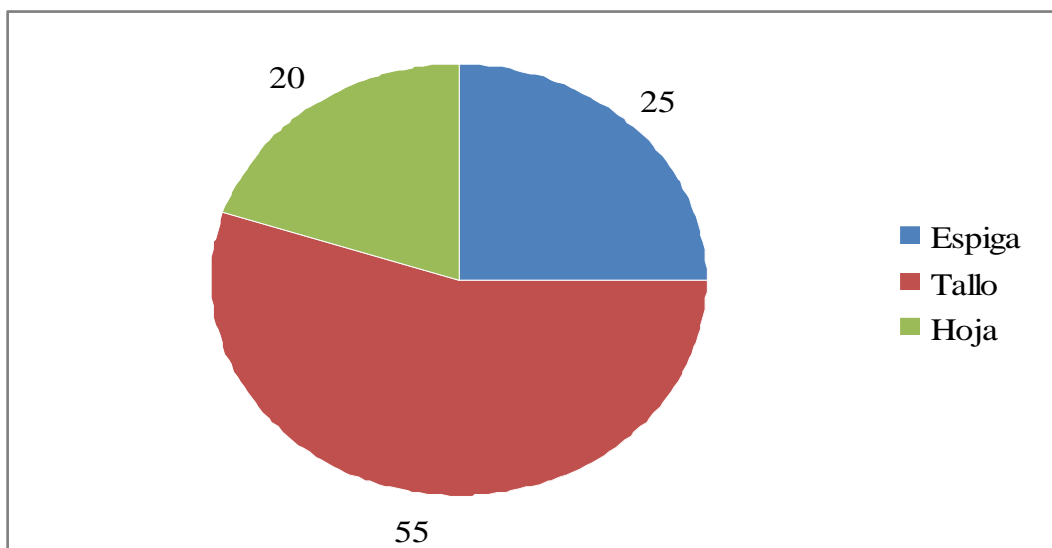
Gráfica No. 18. Composición morfológica para el Macollador



Cuadro No. 21. Coeficientes de variación para el material Macollador

Hoja	Tallo	Espiga
6,9	7,8	44,4

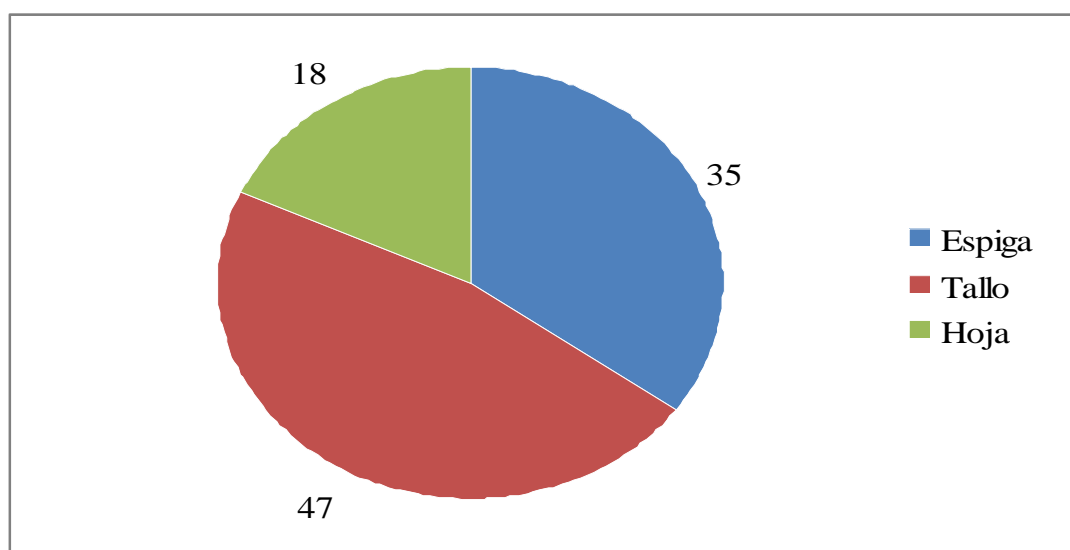
Gráfica No. 19. Composición morfológica para el Cangüé



Cuadro No. 22. Coeficientes de variación para el material Cangüé

Hoja	Tallo	Espiga
10,9	3,5	12,7

Gráfica No. 20. Composición morfológica para el Híbrido



Cuadro No. 23. Coeficientes de variación para el material Híbrido

Hoja	Tallo	Espiga
12,0	6,4	14,5

Pese a que no hay un análisis estadístico que lo confirme, se ve como el aporte del tallo al silaje es mínimo en el Híbrido y máximo en el Macollador, sucediendo lo inverso con la espiga. En el caso de la hoja, pese a que la diferencia es chica, es mayor para el Macollador, y mínima para el Híbrido, manteniéndose el Cangüé siempre en posición intermedia para todas las fracciones.

El alto coeficiente de variación de la espiga del Macollador se debe a que el porcentaje de espiga es bajo, haciendo que con pequeñas diferencias entre los tratamientos se obtenga un CV elevado.

5. CONCLUSIONES

Se concluye que la remoción de forraje en estadios vegetativos mediante cortes disminuye la producción de materia seca total en la mayoría de los tratamientos. Sin embargo, el correcto manejo de momento y altura de corte permite obtener para el caso de dos materiales (Macollador y Cangüé), volúmenes de forraje iguales a los obtenidos si no fuesen cortados.

El tipo de material de Maíz utilizado afecta directamente el comportamiento frente a cortes para pastoreo. La selección genética a favor de la producción de grano que presenta el material Híbrido disminuye su aptitud forrajera al no presentar macollos. A diferencia del material Macollador que en concordancia a su origen, con años de trabajo y selección a favor del macollaje presenta un comportamiento en este sentido muy superior. Para el caso del Blanco Cangue, debido a su origen y al tipo de material es de esperarse que si bien presente poco macollaje, se comporte de manera intermedia para las características evaluadas.

El mejor tratamiento en rendimiento para Macollador es el que resulta del corte en V6 con alturas de remanente elevadas, 30 o 40 cm, de esta forma se obtienen rendimientos de forraje iguales a su testigo. Este material (cortado en V6 a 40 cm) y su testigo no difieren significativamente con la máxima producción de forraje del experimento.

Para Cangüé, el corte a V6 independientemente de la altura tiene un rendimiento igual a su testigo. En tanto todos los cortes en V8 disminuye la producción de materia seca. Cangüé presenta menor rendimiento que el Híbrido testigo.

Pese a existir 3109 Kg MS/ha de diferencia entre los mejores desempeños de los tratamientos en pastoreo, no hubo diferencias estadísticas entre sí en la producción total de forraje para los tres materiales.

Como tendencia general se concluye que a igual estadio fenológico, aumentar la altura del remanente es beneficioso para el rendimiento final. Por otro lado manteniendo la altura de corte, el pastoreo en etapas más tempranas es beneficioso para aumentar el rendimiento final, sin embargo, un atraso en la fecha de corte (lluvias al momento de pastoreo como ejemplo) no se traducen en grandes pérdidas de producción. La mejor respuesta a los cortes por parte de material Macollador, se deben principalmente a su superior capacidad de producir macollos, que le brindan la posibilidad de rebrotar luego un corte. Esto se debe a que los macollos son tallos fenológicamente más atrasados, a los que no se les elimina el punto de crecimiento mientras que al tallo principal sí

En cuanto a la calidad, se observó para Cangüé, cortado en V6 a 40cm, un efecto significativamente superior en el porcentaje de PC para el caso de la fracción hoja. Para

los demás atributos de calidad evaluados no se constataron diferencias significativas entre los tratamientos, lo que indica que el pastoreo de un material no afecta la calidad del silo. Las diferencias en calidad encontradas para los diferentes sitios (principalmente en la fracción hoja de los cortes vegetativo y final), se atribuyen a efectos de dilución de las fracciones en rendimiento y a la disponibilidad de Nitrógeno en el suelo.

6. RESUMEN

El maíz (*Zea Maíz L.*) es uno de los principales cultivos utilizados para alimentación en el mundo, tanto humana como de animales. El avance genético mediante selección por años ha sido en dirección de genotipos que produzcan grano y forraje. Esto provocó que los materiales utilizados hoy en día no sean aptos para pastoreo directo. Con el fin de evaluar un cultivar de maíz apto para pastoreo y silaje se comparó el comportamiento de tres materiales frente a diferentes manejos de corte simulando un pastoreo, en tres sitios. En este sentido se sembró un Híbrido comercial silero, una VPA (Cangüé) y un Híbrido Macollador. Se evaluaron mediante cortes en dos momentos (V6 y V8) a tres alturas de remanente (20, 30 y 40 cm) Los resultados obtenidos sugieren que para Macollador y Cangüé es posible pastorearlos y obtener rendimientos de materia seca totales que no difieren de sus testigos sin pastorear, mientras que el Híbrido baja su producción de materia seca. No se encontró evidencia de que el momento o altura de corte afecten la calidad de la materia seca por material.

Palabras clave: Maíz; Macollo; Rebrote; Pastoreo; Materia Seca; Remanente; Momento fenológico.

7. SUMMARY

Corn (*Zea mays* L.) is one of the main cereal crops in the world used for food and feed. Grain and forage (silage) productions have been the main breeding objectives. For this reason nowadays materials are not able for direct grazing. The aim of this research was to evaluate the behavior of three different genotypes for grazing and silage (a commercial silage hybrid, an OPV (Cangüé) and a tillering hybrid). The forage production for grazing was estimated in two physiological moments (V6 y V8) and three remaining stover heights (20, 30 and 40cm). The results suggest that for the tillering hybrid and the OPV (Cangüé) the grazing no affected the forage production for silage. Meanwhile the grazing has always a negative impact in the forage production in the commercial silage hybrid. The grazing has not a significant impact on silage quality.

Key words: Corn; Tiller; Regrowth; Grazing; Dry Matter; Remaining; Fenological moment.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Adams, J. 1990. Paleoseismicity of the Cascadia subduction zone; evidence from turbidites of the Oregon-Washington margin. *Tectonic*. 9: 569-583.
2. Anderson, E. 1945. What is *Zea mays*? A report of progress. *Chron. Bot.* 9:88-92.
3. Andrade, F.H.; Sadras, V.O. 1996. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Balcarce, INTA Balcarce/ UNMP. Facultad de Ciencias Agrarias. 17 p.
4. Andrés, J.M. 1950. Granos semivestidos, restos de un carácter ancestral del maíz. *Rev. Arg. Agron.* 17:252-256.
5. Barreto Wagner, P.; del Puerto Silva, P. 2001. Evaluación nutricional de verdes de verano. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 57 p. Consultado 23 ene. 2012. Disponible en <http://164.73.52.13/iah/resumen/0/3010bar.pdf>
6. Beadle, G.W. 1932. Relation of crossing over to chromosome association in *Zea-Euchlaena* hybrids. *Genetics*. 17:481-501.
7. _____. 1939. Teosinte and the origin of maize. *J. Heredity*. 30:245-247.
8. _____. 1972. Mystery of maize. *Field Mus. Nat. Hist. Bull.* 43:9-11.
9. _____. 1977. Origin of *Zea mays*. In: Reed, C. E. ed. *Origins of agriculture*. Hague, Mouton. pp. 615-635.
10. _____. 1978. *Teosinte* and the origin of maize. In: Walden, D. B. ed. *Maize breeding and genetics*. New York, John Wiley and Sons. pp. 113-128.
11. _____. 1980. Ancestry of corn. *Sci. Amer.* 242(1): 112-119.
12. Castro, M; Perez, O; Albanese, I; Benedetto, L; Castro, B. 2010. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo para silo; período 2009. Colonia, INIA. pp. 25-26.
13. _____.; _____.; Vera, M.; Cardozo, V.; Benedetto, L.; Castro, B. 2011. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo para silo; período 2010. Colonia, INIA. pp. 27-28.

14. _____.; _____.; _____.; _____.; Castro, B. 2012. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo para silo; período 2011. Colonia, INIA. pp. 28-30.
15. _____.; _____.; _____.; _____.; _____. 2013. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo para silo; período 2012. Colonia, INIA. pp. 25-26.
16. Darlington, C.D. 1963. Chromosome botany and the origins of cultivated plants. London, Allen and Unwin. pp. 77-81.
17. deWet, J.M.J.; Harlan, J. R. 1972. Origin of maize; tripartite hypothesis. *Euphytica*. 21:271- 279.
18. _____.; _____. 1976. Cytogenetic evidence for the origin of *Teosinte* (*Zea mays ssp. Mexicana*). *Euphytica*. 25: 447.
19. Doebley, J. 1983a. Maize and *Teosinte* male inflorescence; a numerical taxonomic study. *Ann.Miss. Bot. Gard.* 70: 32-70.
20. _____. 1983b. Taxonomy and evolution of *Tripsacum* and *Teosinte*; the closest relatives of maize. In: International Maize Virus Disease Colloquium and Workshop (1983, Wooster, OH). Proceedings. Wooster, OH, The Ohio State University. pp. 15-28.
21. _____. 1984. Maize introgression into *Teosinte*; a reappraisal. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 71:1100-1113.
22. _____. 1990a. Molecular evidence and the evolution of maize. *Econ. Bot.* 44(suppl.):6-27.
23. _____. 1990b. Molecular evidence for gene flow among *Zea* species. *BioScience*. 40:443-448.
24. _____. 2004. Genetics of maize evolution. *Annu. Rev. Genet.* 38: 37- 59.
25. Doolittle, E.W.; Mabry, J. B. 2006. Environmental mosaic, agricultural diversity, and the evolutionary adoption of maize in the American Southwest. In: Staller, J.E.; Tykot, R.H.; Benz, B. eds. Histories of maize multidisciplinary approaches to the prehistory, linguistics, biogeography, domestication and evolution of maize. San Diego, Academic Press. pp. 109-121.

26. Dorweiler, J.E.; Doebley, J.F. 1997. Developmental analysis of *Teosinte* glume architecture 1: a key locus in the evolution of maize (Poaceae). *Amer. J. Bot.* 84:1313-1322.
27. Emerson, R.A.; Beadle, G.W. 1932. Studies of *Euchlaena* and its hybrids with *Zea*. II. Crossing over between the chromosomes of *Euchlaena* and those of *Zea*. *Zeitschr. Abtam. Vererbungsl.* 62:305-315.
28. Eubanks, M. 1995. A cross between two maize relatives; *Tripsacum dactyloides* and *Zea diploperennis* (Poaceae). *Econ. Bot.* 49(2): 172-182.
29. _____. 2001. Mysterious origin of maize. *Econ. Bot.* 55(4): 492-514.
30. Galinat, W.C. 1956. Evolution leading to the formation of the cupulate fruit case in the American Maydeae. *Bot. Mus. Leaf. Harv. Univ.* 17: 217-239.
31. _____. 1970. Cupule and its role in the origin and evolution of maize. University of Massachusetts. Agricultural Experimental Station Bulletin no. 585. 24 p.
32. _____. 1971. Origin of maize. *Annu. Rev. Genet.* 5: 447-478.
33. _____. 1973. Intergenomic mapping of maize, *Teosinte* and *Tripsacum*. *Evolution.* 27:644-655.
34. _____. 1977. Origin of corn. *In*: Sprague, G. F. ed. *Corn and corn improvement*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. pp. 1 – 47 (Agronomy no.18).
35. _____. 1978. Inheritance of some traits essential to maize and *Teosinte*. *In*: Walden, D. B. ed. *Maize breeding and genetics*. New York, John Wiley and Sons. pp. 93-112.
36. _____. 1992. Evolution of corn. *Adv. Agron.* 47: 203-231.
37. _____. 1995. Origin of maize, grain of humanity. *Econ. Bot.* 49(1):3-12.
38. Goodman, M.M. 1965. History and origin of maize. North Carolina Agricultural Experimental Station Bulletin no. 170. 25 p.
39. _____. 1972. Taxonomy of *zea mays* (Gramineae). *Phytologia.* 23: 248-249.

40. _____. 1983. From *Teosinte* to maize; the catastrophic sexual transmutation. *Science*. 222: 886-894.
41. _____. 1988a. History and evolution of maize. *CRC Critical Rev. Plant Sci.* 7(3):197-220.
42. _____. 1988b. Maize evolution and agricultural origins. In: International Symposium Held at the Smithsonian Institution (1986, Washington, D.C.). Grass systematics and evolution. Washington, D.C., Smithsonian Institution Press. pp. 195- 213.
43. Kato, Y.T.A. 1976. Cytological studies of maize (*Zea mays* L.) and *Teosinte* (*Zea mexicana* Schrad. Kuntze) in relation to their origin and evolution. Massachusetts Agricultural Experiment Station Bulletin. no.635. 185 p.
44. _____. 1984. Chromosome morphology and the origin of maize and its races. *Evol. Biol.* 17: 219-253.
45. _____. 2005. Cómo y dónde se originó el maíz. *Inv. y Cie.* 347: 68- 72.
46. _____. 2009. Teorías sobre el origen del maíz. Origen y diversificación del maíz; una revisión analítica. México, D.F., UNAM. CONABIO. 11 p.
47. McClintock, B. 1978. Significance of chromosome constitutions in tracing the origin and migration of races of maize in the Americas. In: Walden, D. B. ed. Maize breeding and genetics. New York, John Wiley and Sons. pp. 159-184.
48. _____.; Kato, Y.T.A.; Blumenschein, A. 1981. Chromosome constitution of races of maize; its significance in the interpretation of relationships between races and varieties in the Americas. Chapingo, Mexico, Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. s.p.
49. Mangelsdorf, P.C.; Reeves, R. G. 1939. Origin of indian corn and its relatives. Texas Agricultural Experimental Station Bulletin no. 574. 315 p.
50. _____. 1947. Origin and evolution of maize. *Adv. Genet.* 1: 161-207.
51. _____. 1958. Reconstructing the ancestor of corn. *Proc. Amer. Phil. Soc.* 102: 454-463.

52. _____; Reeves, R. G. 1959a. Origin of corn. I. Pod corn, the ancestral form. Bot. Mus. Leaf. Harv. Univ. 18(7):329-355.
53. _____; _____. 1959b. Origin of corn. III. Modern races, the product of teosinte introgression. Bot. Mus. Leaf. Harv. Univ. 18(9):389-411.
54. _____; _____. 1959c. Origin of corn. IV. Place and time of origin. Bot. Mus. Leaf. Harv. Univ. 18(10):413-439.
55. _____. 1961. Introgression in maize. Euphytica. 10: 157-168.
56. _____. 1974. Corn; its origin, evolution, and improvement. Cambridge, Massachusetts, Belknap Press of Harvard University. pp. 262.
57. Matsuoka, Y.; Vigouroux, M.M.; Goodman, J.J.; Sánchez, G.; Buckler, E.; Doebley, J. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. Proc. Natl. Acad. Sci. 99 (6): 6080-6084.
58. Methol, M. 2008. Maíz y sorgo; situaciones y perspectivas. Anuario OPYPA 2008: 123.
59. Nielson, B. 2003. Tillers or “suckers” in corn; good or bad?. (en línea) West Lafayette, Purdue University . s.p. Consultado 25 ene. 2013. Disponible en <http://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/articles.03/tillers-0623.html>
60. Niscosia, M.; Martin, G. 1998. Cultivos; producción de maíz, algunos aspectos relevantes. (en línea). s.n.t. pt. 3, 3 p. Consultado 7 abr. 2013. Disponible en http://www.produccion.com.ar/1998/98oct_09.htm
61. Randolph, L.F. 1952. New evidence on the origin of maize. Amer. Nat. 86:193-202.
62. _____. 1955. History and origin of corn. II. Cytogenetic aspects of the origin and evolutionary history of corn. In: Sprague, G. F. ed. Corn and corn improvement. New York, Academic Press. pp. 16-61.
63. _____. 1959. Origin of maize. Indian J. Gen. Plant Breed. 19: 1-12.
64. _____. 1976. Contributions of wild relatives of maize to the evolutionary history of domesticated maize; a synthesis of divergent hypotheses I. Econ. Bot. 30: 321- 34.

65. Reeves, R.G.; Mangelsdorf, P. C. 1942. A proposed taxonomic change in the tribe Maydeae (Family Gramineae). *Amer. J. Bot.* 29: 815-817.
66. _____.; _____. 1959. Origin of corn. II. Teosinte, a hybrid of corn and *Tripsacum*. *Bot. Mus. Leaf. Harv. Univ.* 18(8): 357-387.
67. Rhoades, M. M.; Dempsey, E. 1966. Effect of abnormal chromosome 10 on preferential segregation and crossing over in maize. *Genetics.* 53(5): 989-1020.
68. Rong-Ling Wang.; Stec, A.; Hey, J.; Lukens, L.; Doebley, J. 1999. The limits of selection during maize domestication. (en línea). *Nature.* 398: 236-239. Consultado 22 ene. 2013. Disponible en <http://www.nature.com/nature/journal/v398/n6724/abs/398236a0.html>
69. Simpson, G.G. 1953. Baldwin effect. *Evolution.* 7(2): 110-117.
70. Singleton, W.R. 1951. Inheritance of corn grass, a macromutation in maize, and its possible significance as an ancestral type. *Amer. Nat.* 85: 81-86.
71. Sundberg, M.D.; Orr, A. R. 1986. Early inflorescence and floral development in *Zea diploperennis*, *diploperennial teosinte*. *Amer. J. Bot.* 73(12): 1699-1712.
72. _____.; _____. 1990. Inflorescence development in two annual *teosintes*; *zea mays* subsp. *mexicana* and *Z. mays* subsp. *parviglumis*. *Amer. J. Bot.* 77(2): 141-152.
73. Thomison, P. 1995. Does tiller in affect hybrid performance? (en línea). Columbus, Ohio, Ohio State University. s.p. Consultado 27 set. 2013. Disponible en <http://ohioline.osu.edu/ajf-fact/0121.html>
74. Vilaró, D. 2007. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo para silo; período 2006. Colonia, INIA. pp. 27-28.
75. _____. 2008. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo para silo; período 2007. Colonia, INIA. pp. 25-26.
76. _____. 2009. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo para silo; período 2008. Colonia, INIA. pp. 25-26.
77. Weatherwax, P. 1918. Evolution of maize. *Bull. Torrey Bot.* 45: 309-342.

78. _____. 1955. History and origin of corn. I. Early history of corn and theories as to its origin. In: Sprague, G. F. ed. Corn and corn improvement. New York, Academic Press. pp. 1-16.
79. Wilkes, H. G. 1967. Teosinte; closest relative of maize. Boston, Bussey Institution of Harvard University. 159 p.
80. _____. 1972. Maize and its wild relatives. *Science*. 177: 1071-1077.
81. _____. 1979. Mexico and Central America as a centre for the origin of agriculture and the evolution of maize. *Crop Improv.* 6(1): 1-18.