Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

Informe de Trabajo Final

Maíz silero: Cambios en la cantidad y calidad de biomasa forrajera, ante dosis crecientes de Nitrógeno

Nombre: Pérez, Sergio Andrés

Nº de legajo: 25.124/8

DNI: 31.938.252

Correo Electrónico: saperezforte@gmail.com

Teléfono: 0221-155472244

Director: Ing. Agr. Ursino, Mario

Co-director: Ing. Agr. Garcia Stepien, Luis Ezequiel

Fecha de entrega: 03/09/2019

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento forrajero de distintos híbridos de maíz, ante dosis crecientes de nitrógeno, en la zona de la cuenca del salado. El nitrógeno se aplicó en el estado vegetativo V4 en forma de urea granulada al voleo, en dosis crecientes: 0, 100, 200 y 400 kg/ha de urea. El crecimiento y desarrollo del cultivo en el estado vegetativo fue normal, sin embargo durante el período crítico del cultivo las precipitaciones fueron menores a las de requeridas, provocando una baja partición de fotoasimilados hacia los granos. La incorporación de nitrógeno al cultivo aumentó tanto la cantidad como la calidad de biomasa forrajera, hasta un valor de 200 kg/ha de urea, debido a las limitaciones por destinos que sufrió el cultivo a causa del estrés hídrico en el período crítico. La eficiencia de uso de dicho nutriente, disminuyó a medida que se aumentaron las dosis de nitrógeno.

INTRODUCCIÓN

La Pampa deprimida es una extensa planicie de gran heterogeneidad ambiental (León, 1992). Forma parte de la pradera pampeana y ocupa aproximadamente 10 millones de hectáreas en la provincia de Buenos Aires (Burkart, 2005), incluyendo las áreas denominadas Depresión del Salado (Vervoorst, 1967) y Depresión de Laprida (Etchevehere, 1961). El área presenta un régimen hídrico subhúmedo-húmedo. La precipitación media anual es de 980 mm, siendo de enero a marzo el período más lluvioso, y de junio a agosto el menos. La temperatura media anual oscila en los 15 ºC, llegando a valores de 30 ºC en verano, y a 5 ºC en invierno. La temperatura máxima media anual es de 22 ºC, y la mínima de 9 ºC. El período libre de heladas va de septiembre a mayo. Los suelos son en casi su totalidad sódicos e hidromórficos, con horizontes Bt muy arcillosos, representados por Natracuoles, Natracualfes, y Acuertes (Lavado, 1991), sin embrago en relieves positivos, los suelos son principalmente Argiudoles y Hapludoles.

La principal actividad económica de la región, es la cría de ganado vacuno para la producción de carne. El aprovechamiento de los pastizales naturales, que ocupan el 80% de la zona, es de fundamental importancia debido principalmente a las dificultades que se oponen al reemplazo de aquellos por cultivos. Si bien en ciertas áreas ha resultado posible establecer praderas artificiales, las inundaciones periódicas, las condiciones de anegamiento temporarias o permanentes, la salinidad de algunos suelos, y la estructura desfavorable de otros, han limitado el reemplazo (Bertiller y León, 1975; León y Oesterheld, 1982). Sin embargo en un 20% de la superficie de la cuenca, se encuentran suelos con buena capacidad de uso, en donde es posible realizar cultivos agrícolas, principalmente asociados a establecimientos dedicados a la lechería donde la demanda es estable durante todo el año y tienen la necesidad de realizar estos cultivos, principalmente maíz para silaje.

El ensilaje de maíz es uno de los alimentos de mayor uso para animales, debido a varios factores, como son el elevado rendimiento por superficie sembrada y su buena calidad (Gross, 1969; Johnson, 1974), la excelente capacidad de fermentación (Watson y Smith, 1965), su importante aporte energético (Phipps, 1978), los buenos coeficientes de digestibilidad (Wilkinson, 1978), y la preservación óptima por largos períodos en ausencia de oxígeno (Messer, 1978). El valor alimenticio de los silajes está, en términos generales, determinado por la digestibilidad del forraje en el momento de ser cosechado, y por el estado de conservación del ensilado (Wilkins, 1986). La ventana de cosecha o picado es entre 32 y 40% de materia seca (MS) de la planta completa, donde valores inferiores pueden derivar en una fermentación butírica o en un exceso de lixiviación de azucares, mientras que niveles superiores pueden retrasar o incluso impedir que la fermentación se lleve a cabo (Bragachini, et al., 2018). El estado de madurez de la planta a cosecha, o etapa de corte, es el principal factor que afecta el valor nutritivo y las características de fermentación del ensilaje de maíz (Filya, 2004). Se sugirió el uso de la línea de leche durante la maduración del

grano, como criterio para determinar el momento oportuno del corte de maíz para ensilar (Wiersma et al., 1993). En etapas tempranas de cosecha las concentraciones de fibra son mayores (Hunt et al., 1989), y se ha determinado que el máximo rendimiento de materia seca, mayor digestibilidad y menor contenido de fibra se obtienen a 1/2 (Wiersma et al., 1993) o a 1/3 de línea de leche (Xu et al., 1995), debido principalmente al aumento de la proporción de grano. Dicha línea de leche separa el endosperma duro (almidonoso), del endosperma líquido (lechoso). Generalizando, se puede decir que para pasar de grano lechoso a ½ línea demora 11 días, de ½ a ¼ tarda 6 días, y de ¼ de línea de leche a grano duro o sin leche 7 días, momento en el cual se llega a madurez fisiológica. Los valores nutritivos de silaje de maíz para obtener una buena calidad son: 28-35 %MS, y en base de MS: 8-9 % de proteína bruta (PB), 45-50 % de fibra detergente neutro (FDN), 27-32 % de fibra detergente acido (FDA), 1,5-2 % de lignina, y 3-4 % de cenizas (Gallardo, 2008).

Existe una relación estrecha entre el consumo de agua del maíz y la producción de grano (Puech y Hernandez, 1973). La sensibilidad del cultivo a la falta de agua, aumenta a partir de la diferenciación de la flor masculina en el tejido meristemático, y presenta un máximo en el momento de la floración (Robelin, 1962). En esta etapa el aporte hídrico es esencial, ya que se fija el número de granos por espiga, principal componente de rendimiento del maíz. Cabe aclarar que la cantidad de estructuras florales diferenciadas, potencialmente viables para dar granos maduros, no es el principal determinante en maíz del número de granos que alcanza la cosecha, sino la supervivencia de esas estructuras fecundadas (Cirilo y Andrade, 1994; Otegui y Andrade, 2000).

En el campo de la escuela Inchausti, Valdes, 25 de Mayo en la campaña 2016/2017, se realizó un ensayo en donde evaluaron el comportamiento de más de 20 híbridos, con un solo tratamiento de fertilización nitrogenada de 150 kg/ha de urea, en estado vegetativo V4. Obtuvieron un promedio general de producción de 15.962 kg de MS/ha

(Tabla 1), y buen contenido de granos, ya que la proporción de estos en el total de la MS, fue superior al 40%, pero no determinaron el comportamiento de los híbridos ante aumentos en las dosis de urea.

Tabla 1: Comportamiento de los híbridos de maíz expresados en rendimiento de materia seca (MS), y verde (MV); proporción de MS, y de granos en MS; y densidad a cosecha. Escuela Inchausti, 25 de Mayo. Campaña 2016/2017.

Híbrido	Semillero	MS (kg/ha)	MV (kg/ha)	Proporción de MS (%)	Proporción de grano en MS (%)	Densidad (plantas/ha)
KM 4020 GL Stack	KWS	18.933	53.333	35,5	62	65.000
P 1833 VYHR	Pioneer	18.664	49.770	37,5	60	70.500
KM 4500 GL Stack	KWS	17.691	50.403	35,1	58	70.000
DUO 28 PW	Forratec	17.475	44.241	39,5	62	69.841
NS 1313	Natal Seed	17.309	49.454	35,0	50	67.476
DK 7250 VT	Monsanto	17.179	41.395	41,5	54	66.586
SRM 6600 VT3PRO	Sursem	17.034	48.670	35,0	63	66.305
DM 2741 MGRR2	Don Mario	17.025	41.025	41,5	61	70.000
KM 4060 GL Stack	KWS	16.970	43.513	39,0	58	67.586
AX 7784 VT3PRO	Nidera	16.452	39.172	42,0	57	70.000
NS Z8 Plus	Natal Seeds	16.214	46.327	35,0	50	65.476
EM 14200 PW	Dow AgroSciences	16.063	45.894	35,0	67	70.500
SRM 553 VT3PRO	Sursem	16.026	47.839	33,5	67	70.000
KM 4360 AS-G	KWS	16.145	49.222	32,8	57	68.323
P 2005 YHR	Pioneer	15.350	36.989	41,5	58	70.000
P 1815 YHR	Pioneer	14.811	42.931	34,5	72	68.323
DUO 575 PW	Forratec	14.730	47.517	31,0	56	70.500
SRM 566 MGRR2	Sursem	14.669	39.117	37,5	57	65.476
ADV 8101 MGRR2	Advanta	12.968	35.050	37,0	60	70.000
Buyan PW	Morgan	12.629	30.954	40,8	65	67.734
AG 9200 RR	AGseed	10.870	31.056	35,0	75	66.305

HIPÓTESIS

El rendimiento y la calidad de distintos materiales de maíz para silaje, varían con distintas dosis de fertilización nitrogenada en el estado vegetativo.

OBJETIVOS

Evaluar distintos materiales de maíz para silaje.

Objetivos específicos

Evaluar y comparar el rendimiento y la calidad, de distintos materiales sileros de maíz, ante crecientes dosis de urea.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el partido de Castelli, Buenos Aires, sobre un establecimiento denominado “La Polvorilla” (36° 1´ 40´´ S – 57° 49´ 58´´ O), en un lote destinado a la producción de maíz para silo. Dicho establecimiento se dedica principalmente a la actividad tambo, junto con otras como cría, recría, y siembra. Se realizó conjuntamente con la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, donde intervinieron el Ing. Agr. Bertoia Luis, Ing. Agr. Garcia Stepien Luis Ezequiel, Ing. Zoot. Borlandelli Maria, Ing. Zoot. Inda Martin, y el CREA Sudeste. El encargado del ensayo fue el Ing. Agr. Saharrea Ricardo, el cual pertenece al establecimiento. Mi aporte al ensayo, consistió en la distribución de materiales al momento de la siembra, seguimiento del cultivo, cosecha manual, obtención de datos a campo, y análisis e interpretación de todos los datos, tanto de los obtenidos a campo como en el laboratorio.

El suelo destinado al ensayo corresponde principalmente a la serie Los Naranjos, el cual es profundo, pardo oscuro, de aptitud agrícola, que se encuentra en un paisaje de lomas acordonadas al pie de las lagunas y lomas planas extendidas. Moderadamente bien drenado, no alcalino, y con pendientes de 0,5-1%. Clasificado taxonómicamente como Hapludol ThaptoArgico.

Cuenta con valores de materia orgánica del orden del 3%, nitrógeno 0,16%, pH 6-7, y fósforo 10 partes por millón (ppm) (INTA, Cartas de suelos).

Los antecesores del lote fueron:

- Alfalfa (Hasta 2015).
- Raigrás Anual / Maíz Silaje (2015).
- Raigrás Anual / Ensayo Maíz (2016).

El 24 de septiembre de 2016 se realizó un barbecho químico corto con 2,5 l/ha de glifosato común (48 equivalente acido), y 0,6 l/ha de 24D.

El día 30 de septiembre de 2016 se realizó la siembra directa de 12 híbridos distintos de maíz con aptitud silera, con una densidad de 71.500 plantas/ha, sembradora a placa de 11 surcos a 70 cm de distanciamiento; en cada pasada de máquina fueron 2 híbridos, por lo que la mitad de los materiales tuvieron 6 surcos, y la otra mitad 5. Se fertilizó con 100 kg/ha de fosfato diamónico (PDA).

Se evaluaron los principales híbridos de maíz con aptitud silera, todos resistentes a glifosato, en la zona en cuestión. Los materiales que participaron del ensayo fueron:

1. Baltos PW (Morgan)
2. Acrux PW (Morgan)
3. LT 621 RR2 (La Tijereta)
4. DUO 575 PW (Forratec)
5. 470 VT3P (ACA)
6. VG 48 RR2 (ACA)
7. 73-10 VT3P (Dekalb)
8. 73-20 VT3P (Dekalb)
9. 1833 VYHR (Pionner)
10. 1815 YHR (Pionner)
11. KM 4360 ASGL Stack (KWS)
12. DUO 28 PW (Forratec)

Fueron agrupados de esta forma, debido a la similitud en los calibres, para facilitar de este modo la siembra.

Posteriormente se procedió a la aplicación de fitoquímicos pre-emergentes, compuesto por 3 l/ha de atrazina (50%) para el control de malezas, y 0,2 l/ha de lambdacialotrina para el control de insectos de suelo. Fecha 04 de octubre de 2016.

Previo a la aplicación de urea, se fumigó con herbicidas post-emergentes, siendo esto el 29 de octubre de 2016. La mezcla contenía 2 l/ha de acetoclor, 1 l/ha atrazina, 1,5 l/ha de glifosato común, y 0,1 l/ha de picloram.

Al haber transcurrido un mes de la siembra, el día 31 de octubre de 2016, se aplicó urea granulada al voleo, en 4 dosis distintas detalladas a continuación:

- 0 kg/ha (Testigo).
- 100 kg/ha.
- 200 kg/ha.
- 400 kg/ha.

Cada tratamiento tuvo una longitud de 50 metros.

Ocurrió una anomalía el 17 de noviembre de 2016, provocada por bajas temperaturas, fenómeno denominado helada tardía. Favorablemente para el ensayo, afectó solo temporalmente. Al día siguiente se aplicó glifosato, con el objetivo de la recuperación pronta del cultivo.

La cosecha se realizó el 07 de febrero de 2017 de forma manual, extrayendo 2 sub-muestras de 4 metros lineales por parcela, seleccionadas las sub-muestras por menor número de faltantes posibles, determinando de esta forma la competencia entre plantas. Se cortaron al ras del suelo, para luego contar, y pesar las plantas completas (PC). Posteriormente se procedió a separarlas en tallo y hojas (T+H) por un lado, y espigas (E) por otro. Por último se contaron y pesaron las espigas por sub-muestreo.

De cada parcela, se extrajeron 2 sub-muestreos. En total eran 48 parcelas, por lo que se obtuvieron 96 muestras en todo el ensayo, realizándoles los análisis correspondientes (Tabla 2).

Tabla 2: Esquema del ensayo.

Tratamiento / Híbridos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0												
100												
200												
400												

Análisis realizados

Las variables evaluadas fueron:

- Densidad de plantas (pl/ha).
- Contenido de materia seca (MS%) (PC).
- Rendimiento de MS (kg/ha) (PC+TH+E).
- Índice de espiga (IE, %).
- Fibra detergente neutro (FDN) (%) (PC+TH+E).
- Fibra detergente ácido (FDA) (%) (PC+TH+E).
- Lignina detergente ácido (LDA) (%) (TH).
- Digestibilidad in vitro (%) (PC+TH+E).
- Digestibilidad de la fibra (%) (TH).
- Proteína bruta (PB) (%) (PC+TH+E).
- Energía bruta (EB) (Mcal/kg MS) (PC+TH+E).
- Energía digestible (ED) (Mcal/kg MS) (PC+TH+E).
- Rendimiento en MS digestible (kg/ha) (PC+TH+E).

La densidad de plantas se evaluó mediante el conteo de individuos en 10 metros lineales.

El contenido de materia seca (MS), se determinó por diferencia de peso verde y peso seco, secado en estufa a 60 grados centígrados con ventilación forzada, hasta que este último fue constante.

El rendimiento de MS surgió del producto entre el peso verde y el porcentaje de MS.

El índice de espiga, es la relación entre los valores promedios de rendimiento de MS de espigas, con los de planta completa.

Los análisis de laboratorio húmedo se basaron en las metodologías propuestas por la A.O.A.C. (Asociación de Químicos Analíticos Oficiales) (1990).

FDN y FDA se determinaron según los métodos descriptos por Goering y Van Soest (1970), y modificados por Van Soest y Robertson (1980). El fraccionamiento químico de Van Soest (Van Soest, 1963), realiza una digestión inicial con un detergente neutro, dividiendo la materia orgánica de las plantas en el contenido celular, que agrupa los constituyentes solubles que hacen parte fundamental del citoplasma de la célula, como azucares, almidón, proteínas, nitrógeno no proteico, lípidos, minerales solubles en agua, y vitaminas; y la pared celular o fibra detergente neutro (FDN), que representa la fibra y agrupa la hemicelulosa, celulosa, y lignina. El contenido de FDN se correlaciona negativamente con el consumo. FDN=Hemicelulosa+Celulosa+Lignina. El segundo paso del método, es determinar la FDA, la cual indica la cantidad de lignina y celulosa no solubles de la muestra analizada. Por diferencia con la FDN aporta información sobre la cantidad de hemicelulosa y celulosa no lignificadas, que pueden ser degradadas por los microorganismos presentes en el tracto digestivo de los rumiantes. FDA=Celulosa+Lignina.

LDA se obtuvo tratando el residuo insoluble ácido en ácido sulfúrico al 72%. El residuo de la extracción fue la lignina (Van Soest, 1994).

La digestibilidad in vitro de la MS de TH se determinó mediante el método enzimático descripto por Gabrielsen (1986). El propósito de este análisis es evaluar la digestibilidad real que se produce en el rumen del animal.

Los valores de FDN y Digestibilidad in vitro se utilizan para calcular la digestibilidad de la fibra, según el método de Goering y Van Soest (1970).

El contenido de proteína bruta (PB) se obtuvo mediante el método Dumas de determinación de nitrógeno total multiplicado por un factor, en este caso 6.28, con la utilización del equipo LECO FP-528.

La EB se midió mediante la oxidación completa del forraje en una bomba calorimétrica LECO AC-350, la cual libera energía en forma de calor. Se expresa como mega calorías por kg de materia seca. Este valor no tiene significado nutricional, pero es el punto de partida para la valoración de otros términos energéticos. La energía del alimento es extraída en forma gradual dentro del animal, por medio de una serie de reacciones que degradan el alimento sin que se produzca un exceso de calor, al contrario de lo que ocurre cuando se quema una sustancia en cuyo caso toda la energía se libera en forma de calor (Westerterp, 1998).

En el caso de la ED, surgió del producto de EB con digestibilidad in vitro.

El rendimiento en MS digestible, surgió de multiplicar el rendimiento de MS, con la digestibilidad in vitro.

Se determinó la eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN) expresada como los kg de MS/ha generados por kg de N aplicado como urea (46% N).

EUN = ((RMStrat-RMStest)/Trat).

- RMStrat: Rendimiento de materia seca del tratamiento (kg MS/ha).
- RMStest: Rendimiento de materia seca del testigo (kg MS/ha).
- Trat: Dosis de N del tratamiento (kg N/ha).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza para la comparación entre los tratamientos de fertilización, utilizando a los híbridos como repeticiones. Dicho análisis de varianza denominado ANOVA, se utiliza para analizar datos provenientes de diseños con una o más variables independientes cualitativas (factores), y una variable dependiente cuantitativa (resultado); los factores son los tratamientos, y el resultado es el rendimiento en cantidad y calidad de cada parcela. Se comparan los valores medios que tomo la variable dependiente en las poblaciones, en la que los niveles de factores son distintos, con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas según dichos niveles. Se utilizó una prueba de medias de diferencias mínimas significativas (DMS) al 5%, para determinar grupos homogéneos entre los tratamientos evaluados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Precipitaciones

Las precipitaciones contabilizadas en todo el ciclo del cultivo fueron de 415 mm, incluidos los días previos a la siembra (Figura 1). Esto demuestra un déficit hídrico de 150 mm, de acuerdo a los requerimientos mínimos del cultivo (Figura 2), que son de 550 mm aproximadamente.

Se registraron escasas precipitaciones en los primeros días de diciembre, coincidiendo con el periodo crítico del cultivo. Esta situación posiblemente afecto la determinación del número final de granos del maíz, siendo este uno de los principales componentes del rendimiento, provocando una limitación de destino de fotoasimilados (Figura 3).

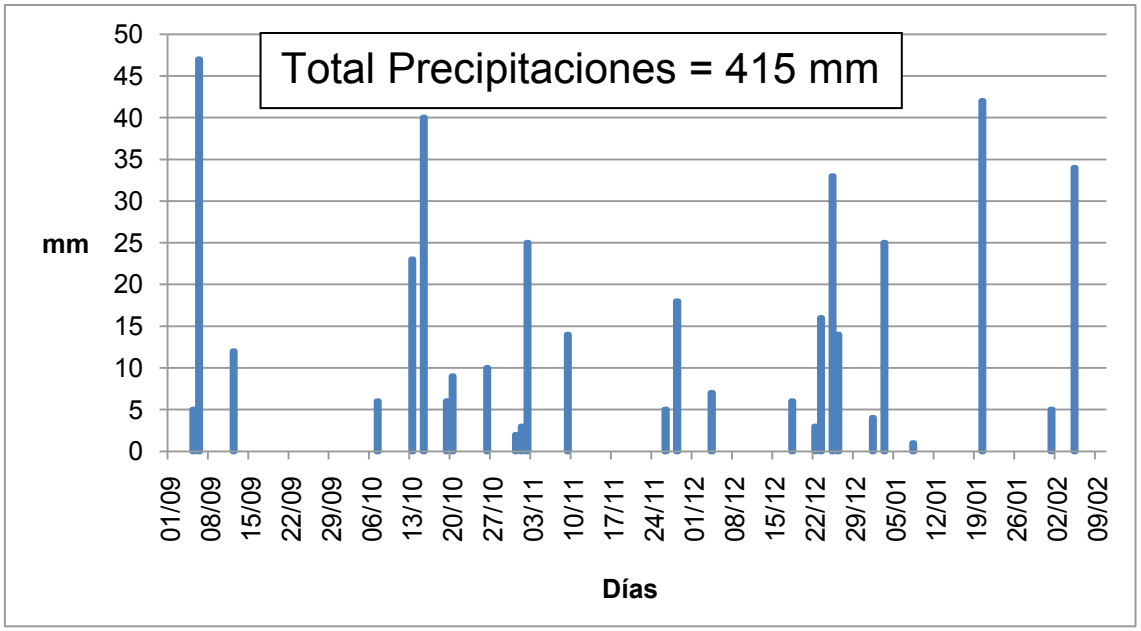


Figura 1: Precipitaciones diarias registradas en el establecimiento “La Polvorilla”. Castelli – Buenos Aires. Periodo 2016/2017.

Figura 2: Requerimientos hídricos durante el ciclo del cultivo de maíz. Fuente: http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/ecofisiologia/Clase%20agua%20y%20nutrientes%202004.pdf.

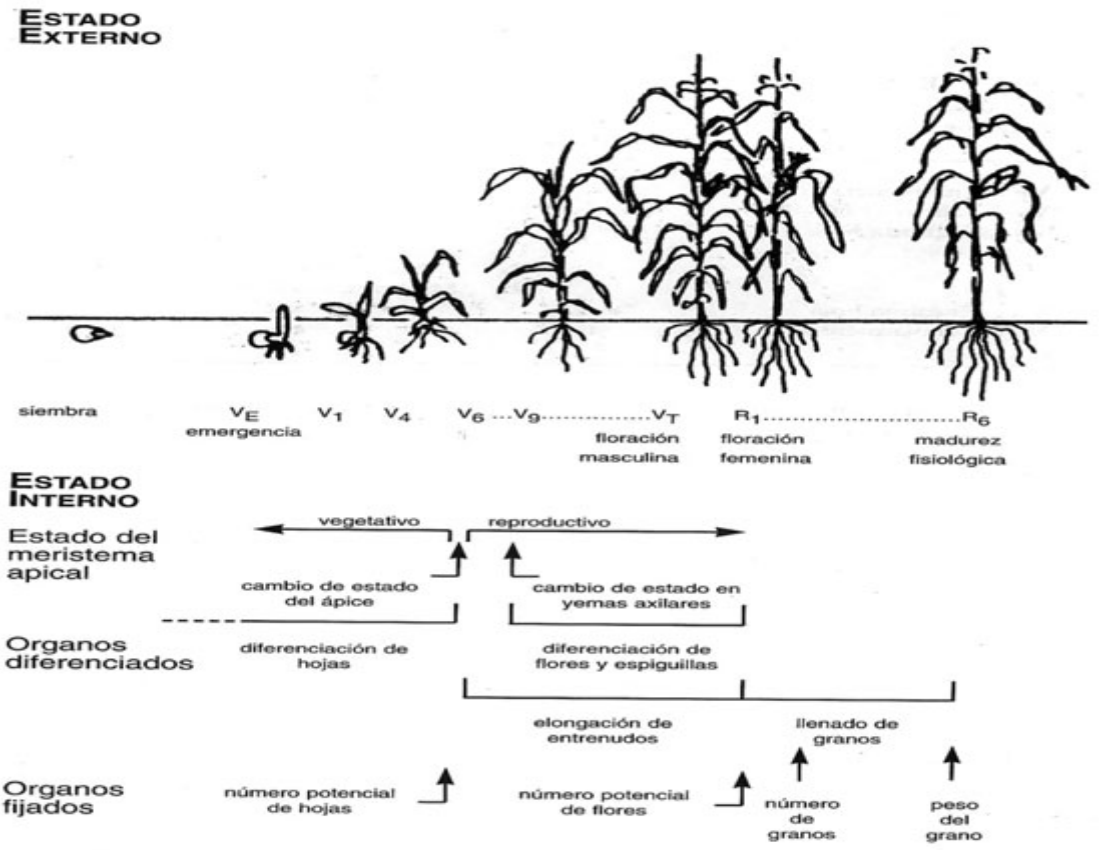


Figura 3: Determinación de componentes de rendimiento en las distintas etapas del cultivo de maíz. Fuente: http://www.escuelapedia.com/el-desarrollo-de-los-vegetales/.

La consecuencia inmediata de un déficit hídrico sobre el cultivo, es la pérdida de turgencia en sus tejidos, que resulta en una menor tasa de crecimiento y menor tamaño final de los órganos que se encuentran creciendo activamente en el momento de ocurrencia del estrés. El efecto de las deficiencias hídricas sobre la producción del cultivo opera, en gran parte, a través de la reducción de la expansión de las hojas y, en consecuencia, de la eficiencia de la captación de radiación, aunque sequias intensas afectan también su eficiencia fotosintética (Dardanelli y col., 2003).

Densidad de plantas

Las diferencias visibilizadas entre los híbridos en cuanto a densidad (Tabla 3), se deberían al factor placa, ya que hubo variación en el calibre de las semillas, provocando tanto fallas como duplicaciones. Hubiera sido ideal que cada hibrido tenga

la placa adecuada, pero teniendo en cuanta la cantidad de materiales, se procedió a agruparlos por similitud de calibres.

Tabla 3: Identificación de híbridos. Valores promedios de los 4 tratamientos de densidad de plantas a cosecha. Diferencias mínimas significativas.

N°	Empresa	Híbrido	Densidad (Pl/ha)
9	Pionner	1833 VYHR	77232 a
8	Dekalb	73-20 VT3P	74107 ab
2	Morgan	Acrux PW	73661 abc
10	Pionner	1815 YHR	70089 bcd
7	Dekalb	73-10 VT3P	69643 bcd
3	La Tijereta	LT 621 RR2	68304 bcd
1	Morgan	Baltos PW	67411 bcd
11	KWS	KM 4360 GL Stack	66965 cd
12	Forratec	DUO 28 PW	64732 de
4	Forratec	DUO 575 PW	64286 de
5	ACA	470 VT3P	64286 de
6	ACA	VG 48 RR2	59375 e

Letras iguales indican grupos homogéneos. Diferencias mínimas significativas (5%) (DMS).

Materia seca

El promedio del contenido de materia seca de la planta completa de todos los híbridos, estuvo entre los 30 y 40 % (Gráfico 1), rango adecuado para la confección de un silaje de calidad. El único hibrido en particular que tuvo bajo contenido de MS fue el DUO 575 PW (Forratec) (Tabla 4), el cual fue de 28 % aproximadamente, debido a la cosecha anticipada de dicho material, con respecto a los demás híbridos, ya que tiene una madurez relativa (MR) de 130 días. La MR de los demás híbridos del ensayo, rondan entre los 118 y 123 días. Se observó que dicho material no llego ni siquiera al estado de ½ línea de leche (Imagen 1), determinando la baja acumulación de materia seca en el grano, obteniéndose así un material con mayor humedad. Se evidencia

mediante la comparación con otro hibrido (Imagen 2), en este caso con el 470 VT3P (ACA).

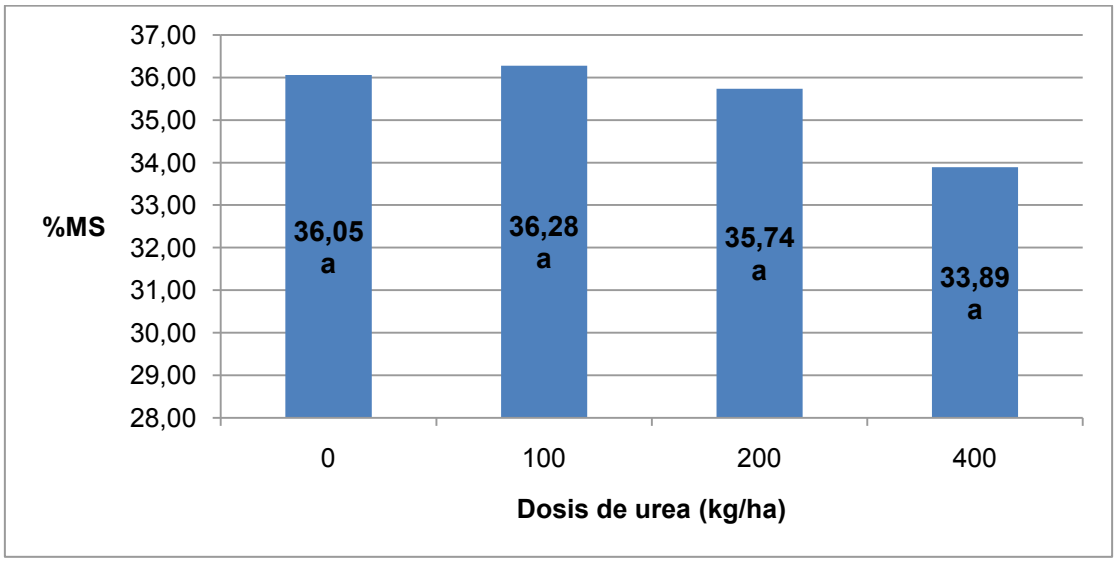


Gráfico 1: Valores promedios de contenido de MS (%) de planta completa, ante aumento de dosis de urea (kg/ha). Letras iguales indican grupos homogéneos. DMS.

Un adelanto o atraso en el momento de picado ideal (30-40% MS), se traduce en fuertes pérdidas, no solamente en la cantidad y calidad del forraje cosechado, sino también en la calidad de conservación. Si se pica con menos de 30% de MS, se restringe el aporte de grano a la producción de MS, debido al estado fenológico del maíz en ese momento, y además se estaría transportando demasiada agua al silo, lo cual llevaría a la pérdida por escurrimiento de líquidos altamente nutritivos. Un atraso en el picado genera una fuerte caída de la calidad del forraje, ya que gran parte de los hidratos de carbono asimilables por el rumiante se transforman en compuestos más complejos (lignina), generando una caída en la digestibilidad, sobre todo en el componente vegetativo (tallo+hojas). Otra consecuencia es el endurecimiento del grano, que presenta dificultades para ser asimilado en su totalidad. Por último, un forraje con un contenido de MS superior al 40%, genera dificultades durante el proceso de compactación e impide una adecuada exclusión del aire dentro del silo, lo que trae como consecuencia, un período más prolongado de respiración, con el consiguiente

consumo de azucares de altísima calidad, elevación de temperatura de conservación, y un silaje de baja calidad nutricional (Silaje de maíz - Syngenta).

Imagen 1: Corte transversal de la espiga de maíz, del híbrido DUO 575 PW, al momento de la cosecha.

Imagen 2: Corte transversal de la espiga de maíz, del híbrido ACA 470, al momento de la cosecha.

Las diferencias observadas, en contenido de MS (%) y rendimiento de MS (kg/ha) de este hibrido (DUO 575), con el resto, se deben exclusivamente a las características propias del material y son independientes al ensayo.

Tabla 4: Identificación de híbridos. Valores promedios de los 4 tratamientos de contenido de materia seca de planta completa a cosecha. Diferencias mínimas significativas.

N°	Empresa	Híbrido	MS (%)
5	ACA	470 VT3P	38,32 a
12	Forratec	DUO 28 PW	36,96 ab
7	Dekalb	73-10 VT3P	36,75 ab
10	Pionner	1815 YHR	36,66 ab
3	La Tijereta	LT 621 RR2	36,56 ab
8	Dekalb	73-20 VT3P	36,47 ab
2	Morgan	Acrux PW	36,18 ab
9	Pionner	1833 VYHR	35,82 abc
6	ACA	VG 48 RR2	35,27 bc
1	Morgan	Baltos PW	35,17 bc
11	KWS	KM 4360 GL Stack	33,39 c
4	Forratec	DUO 575 PW	28,27 d

Letras iguales indican grupos homogéneos. DMS.

Rendimiento de materia seca

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos con aplicación de urea (100, 200 y 400 kg/ha), en los rendimientos promedios de materia seca de la planta completa y espigas (Tabla 5). Las diferencias se evidencian en la fracción vegetativa de la planta, tallo y hojas, la cual aumenta significativamente el rendimiento con el aumento de la dosis de urea. Igualmente para la misma fracción analizada, hay diferencias significativas entre híbridos (Tabla 6). La suma de los valores de los rendimientos de materia seca expresados en kg/ha de tallo+hojas, y espigas, es igual al valor de rendimiento de materia seca de planta completa (Gráfico 2). El promedio de rendimiento de materia seca de la espiga del hibrido DUO 575 es inferior al resto, lo que evidencia una baja partición de fotoasimilados del tallo y hojas, hacia la espiga.

Tabla 5: Valores promedios de rendimiento de materia seca (RMS) de planta completa (PC), tallo + hojas (T+H), y espigas (E). Diferencias mínimas significativas.

Urea (kg/ha)	RMS PC (kg/ha)	RMS T+H (kg/ha)	RMS E (kg/ha)
0	12442 b	5928 c	6514 b
100	15073 a	6888 b	8185 a
200	15582 a	7020 ab	8561 a
400	15903 a	7756 a	8148 a

Dentro de cada columna, letras iguales indican grupos homogéneos. DMS.

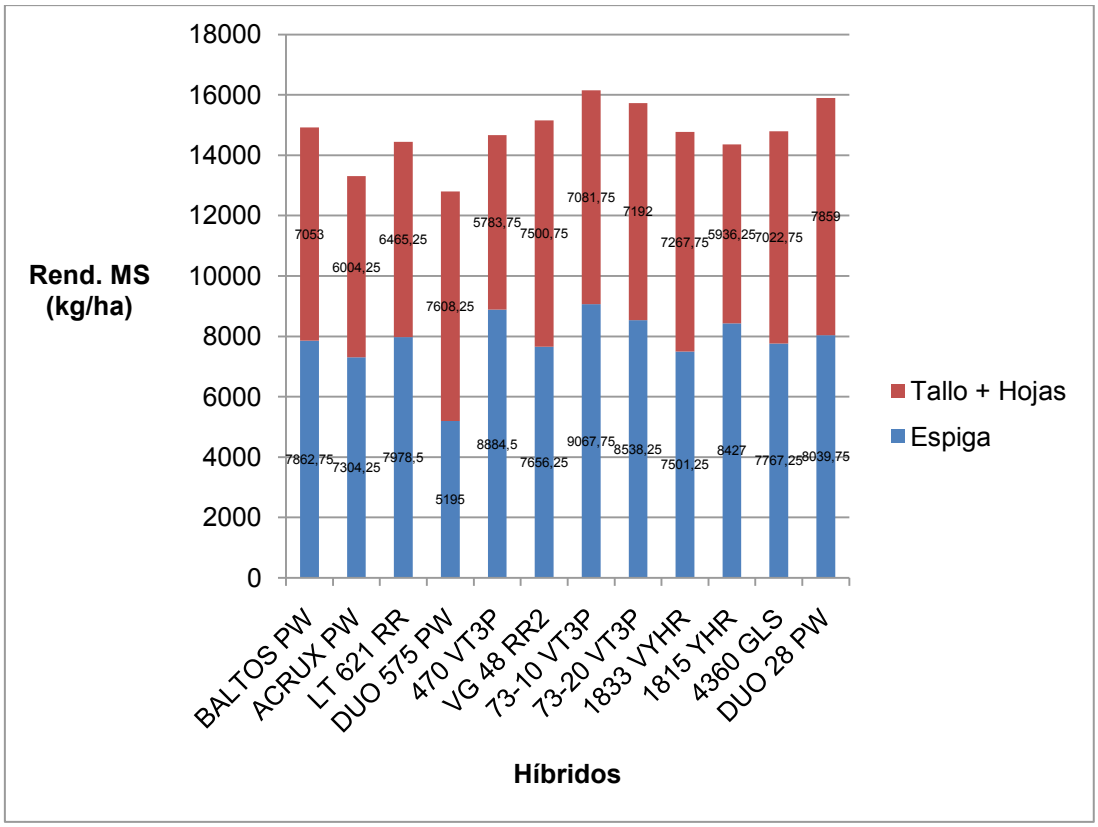


Gráfico 2: Valores promedios de los 4 tratamientos, de rendimiento de materia seca (kg/ha) de tallo + hojas, y espigas de cada híbrido.

Tabla 6: Diferencias mínimas significativas del promedio de los 4 tratamientos entre híbridos, para cada fracción analizada, ya sea planta completa (PC), tallo + hojas (T+H), y espigas (E).

Híbridos/Fracción	PC	T+H	E
73-10 VT3P	a	abc	a
DUO 28 PW	ab	a	ab
73-20 VT3P	ab	abc	ab
BALTOS PW	abc	abc	ab
VG 48 RR2	abc	a	ab
1833 VYHR	abc	ab	ab
LT 621 RR	abc	abc	ab
470 VT3P	abc	c	ab
4360 GLS	abc	abc	ab
1815 YHR	abc	bc	ab
ACRUX PW	bc	bc	b
DUO 575 PW	c	a	c

Letras iguales dentro de cada columna, indican grupos homogéneos. Híbridos ordenados de manera descendente, únicamente para planta completa. DMS.

Hasta la floración el cultivo acumula apenas el 40% del peso aéreo total a cosecha. Luego la planta experimenta un proceso de removilización y translocación de reservas desde el resto de la misma, hacia los granos, por lo que los órganos vegetativos sufren una pérdida neta de peso hacia el final del ciclo del cultivo. En el ensayo se produjo una baja removilización de fotoasimilados de la parte vegetativa (fuente), hacia los granos (destino), quedando reservas acumuladas en la fracción tallo+hojas; esto pudo deberse al déficit hídrico producido en el período crítico, que condiciono el número final de granos.

La fertilización nitrogenada afecta la producción de MS, debido a que influye directamente sobre el desarrollo del área foliar, su persistencia y su eficiencia fotosintética (Muchow, 1988).

Índice de espiga

Esta variable indica la proporción de materia seca de espiga en la planta completa. No se evidenciaron diferencias significativas ante el aumento de la dosis de urea (Gráfico

3). Desbalances producidos en la disponibilidad de asimilados para los granos durante su llenado (relación fuente-destino), puede afectar la eficiencia de conversión de biomasa en el maíz, quedando reservas en la fracción vegetativa que no se removilizan a la espiga, impidiendo el aumento del índice en cuestión. Durante el periodo de post-Floración, esa eficiencia disminuye cuando la relación antes mencionada, aumenta (Rajcan y Tollenaar, 1999; Borras y Otegui, 2001), posiblemente por mecanismos de inhibición fotosintética provocados por la acumulación del producto final ante limitaciones en la magnitud de los destinos.

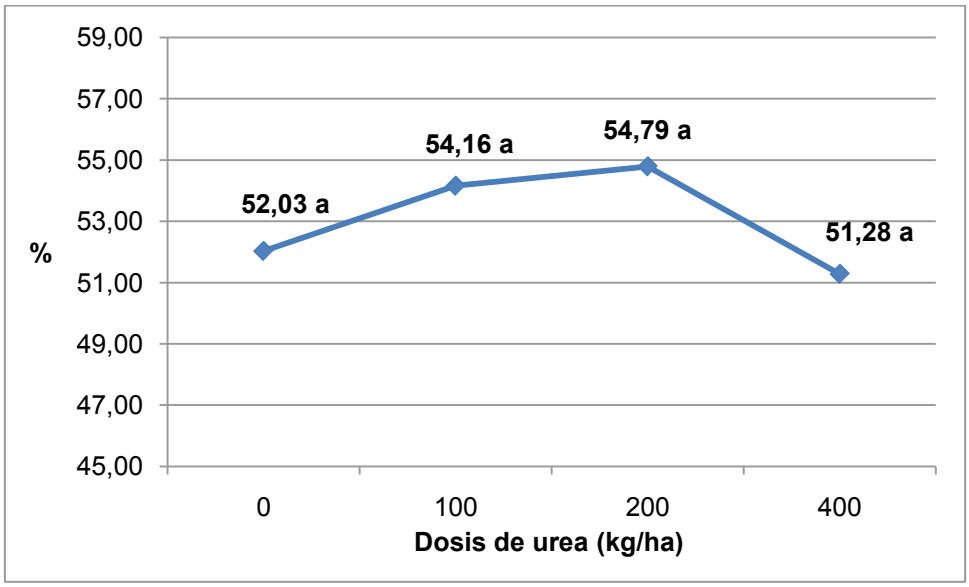


Gráfico 3: Indice de espiga ante aumento de dosis de urea (kg/ha). Letras iguales indican grupos homogéneos. DMS.

El grano es el componente de mayor calidad, por su concentracion energetica, y comprende en situaciones normales entre el 40 y 50% de la MS total (Dalla Valle y col., 1998a). El rendimiento en grano puede verse afectado por fuente o por destino, según que las circunstancias ambientales adversas se den durante la floración (destino), o durante el llenado (fuente). A medida que se reduce el indice de espiga, se incrementa la proporción hojas+tallo, y se afecta la composición química de los tallos

al alterar la distribución de los carbohidratos no estructurales solubles (CNES), y la relación CNES/almidón por removilización, resintiéndose la calidad del silaje.

Eficiencia en el uso del nitrógeno

La eficiencia en el uso del nitrógeno aplicado como urea, disminuyó a medida que se incrementaron las dosis del fertilizante (Gráfico 4).

La demanda de nitrógeno del cultivo de maíz aumenta marcadamente a partir del estado de 5-6 hojas desarrolladas (V6). Por esta razón, la aplicación de dicho nutriente en este estado del cultivo o inmediatamente previa ha sido reportada como la de mayor eficiencia de uso de nitrógeno (Sainz Rozas et al., 1999), por sobre la fertilización fraccionada entre siembra y V6. Aplicaciones superficiales de nitrógeno pueden resultar en pérdidas por volatilización de amoníaco (García et al., 1999). Es evidente que en la actualidad cobre interés esta temática por el costo de los fertilizantes y el impacto ambiental que estos generan (Fallah y Tadayyon, 2010). Diferentes investigaciones han demostrado que la aplicación de nitrógeno en forma de urea, conlleva pérdidas del orden del 60% o más de la cantidad aplicada, provocando esto una disminución de la eficiencia con que se usa el nitrógeno; dependiendo del tipo de suelo, estas pérdidas aumentan por vías como la lixiviación, volatilización y escorrentía, que contaminan el ambiente con óxido nitroso y dióxido de nitrógeno (Jordan et al., 2008; Sepulveda et al., 2011). La eficiencia de uso normalmente oscila alrededor del 50%, con máximos de 70%, si se aplica durante los momentos de máxima capacidad de absorción, dosis no excesivas proporcionales a su utilización y con fuentes de bajo potencial de volatilización de nitrógeno en forma de amoníaco (Manejo de la fertilización en maíz, INTA Pergamino). En un ensayo realizado en Balcarce, Buenos Aires, obtuvieron tasas máximas de acumulación de nitrógeno de 2,7 y 3,2 kg/ha/día, que se mantuvieron constantes entre los 25 y 120 días después de la emergencia (V5 a R5) (Andrade et al., 1996).

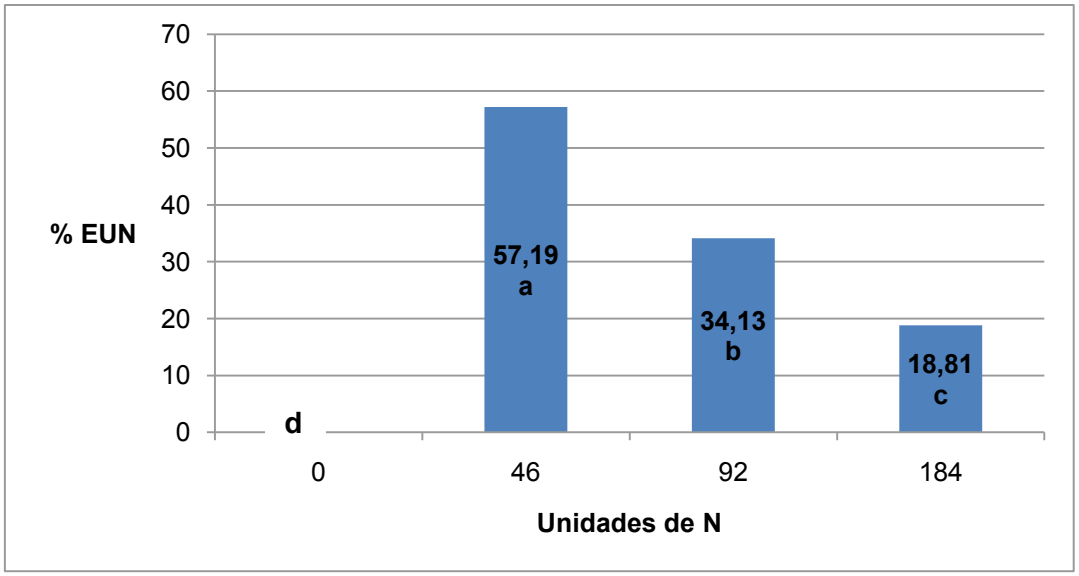


Gráfico 4: Eficiencia en el uso del nitrogeno (EUN) expresado en %, ante aumento de unidades de nitrógeno, para planta completa. Letras iguales indican grupos homogéneos. DMS.

Cada 100 kg/ha aplicados de urea, se aplican 46 unidades de N (nitrógeno); es por esto que en 200 kg hay 92 unidades de N, y en el tratamiento de 400 kg/ha de urea hay 184 unidades de N.

Debido a no diferenciarse significativamente los rendimientos de materia seca de planta completa, de los 3 tratamientos con aplicación de urea, la eficiencia disminuyó a medida que se aumentaron las dosis.

Al momento de la floración el cultivo acumula entre el 55 y 65% del nitrogeno (N) total a cosecha (Lubet y Juste, 1985). El N se acumula hasta 10 ó 15 dias posteriores a la floración, para luego ser removilizados hacia los granos. El cultivo puede removilizar durante el llenado de granos entre 28 y 100 kg/ha de N, de acuerdo a la relacion fuente-destino (Uhart y Andrade, 1995).

El nitrogeno (N) es el principal nutriente que limita la produccion de maiz y comparado con otros cultivos, presenta los mas altos requerimientos de N por hectárea, siendo

aproximadamente 25 kilogramos de N por cada tonelada de grano producida (Garcia y Correndo, 2013).

Fibra detergente neutro y fibra detergente ácido

La fibra del alimento la constituyen los hidratos de carbono estructurales de la pared celular (celulosa-hemicelulosa-lignina), y pectina; son parcialmete digestibles y la digestibilidad depende del contenido de lignina de la pared celular (Pendini, 2012).

Los resultados arrojados por los primeros dos pasos del método de Van Soest, indican que no hay diferencias significativas en los valores promedios de FDN y FDA en las espigas (Gráfico 5 y 6) con el agregado de distintas dosis de fertilizante nitrogenado, debido a la baja partición de fotoasimilados a los destinos, provocado por las deficientes precipitaciones en etapas cercanas a la floración. Como se explicó anteriormente, el déficit hídrico en la etapa critica del cultivo, produjo un bajo número potencial de granos.

En los casos de tallo y hojas, y consecuentemente planta completa, hay diferencias significativas a medida que aumenta la dosis de urea, a partir de los 200 kg, y se intensifican con 400 kg/ha de urea. No se observan diferencias en los tratamientos de 0 y 100 kg/ha.

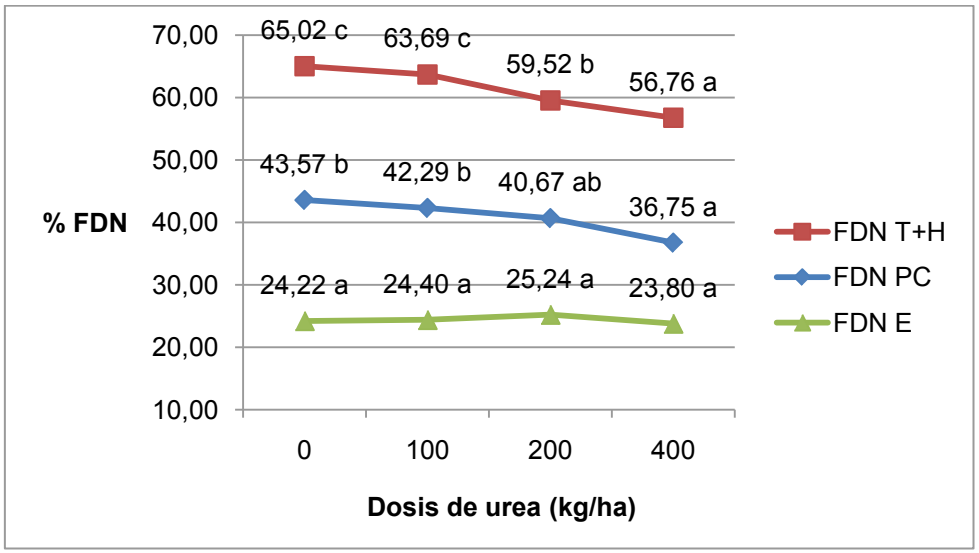


Gráfico 5: Valores promedios (%) de FDN de T+H, PC, y E, ante aumento de dosis de urea (kg/ha). Letras iguales indican grupos homogéneos, para cada fracción. DMS.

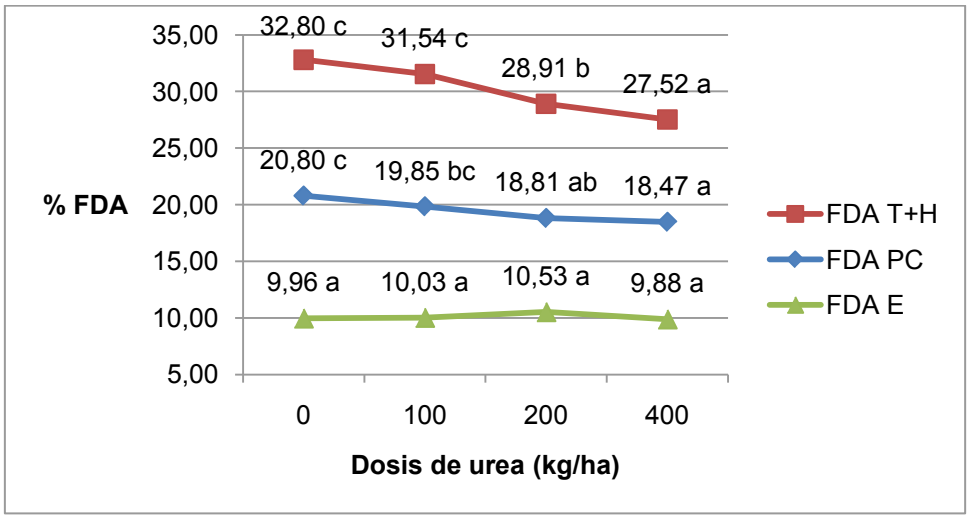


Gráfico 6: Valores promedios (%) de FDA de T+H, PC, y E, ante aumento de dosis de urea (kg/ha). Letras iguales indican grupos homogéneos, para cada fracción. DMS.

La FDN se define como el contenido de celulosa, hemicelulosa y ligninca, y la FDA como el contenido de celulosa y lignina. Estan directamente relacionadas con la digestibilidad, ya que influyen en la velocidad de paso del alimento por el tracto digestivo, lo que afecta el consumo de materia seca por parte del animal, siendo menor a medida que aumenta el contenido de lignina (Bach y Calsamiglia, 2006).

Lignina detergente ácido

El contenido de lignina de la fracción tallo+hojas disminuyó con el agregado de urea, hecho que aumentaría la calidad nutricional del forraje (Gráfico 7). Los valores correspondientes a 200 y 400 kg/ha de urea, no se diferencian significativamente. En los forrajes, la lignina se considera un componente anti-cualitativo por su impacto negativo en la disponibilidad nutricional de la FDN, y de los nutrientes orgánicos contenidos en el interior de las celulas; la lignificación controla la cantidad de fibra que puede ser digerida y por lo tanto, tienen influencia directa sobre la energia digestible

(Jung y Allen, 1995). Tambien incide en el consumo voluntario del animal, ya que genera el llenado ruminal con materia seca no digestible (Mertens, 1994).

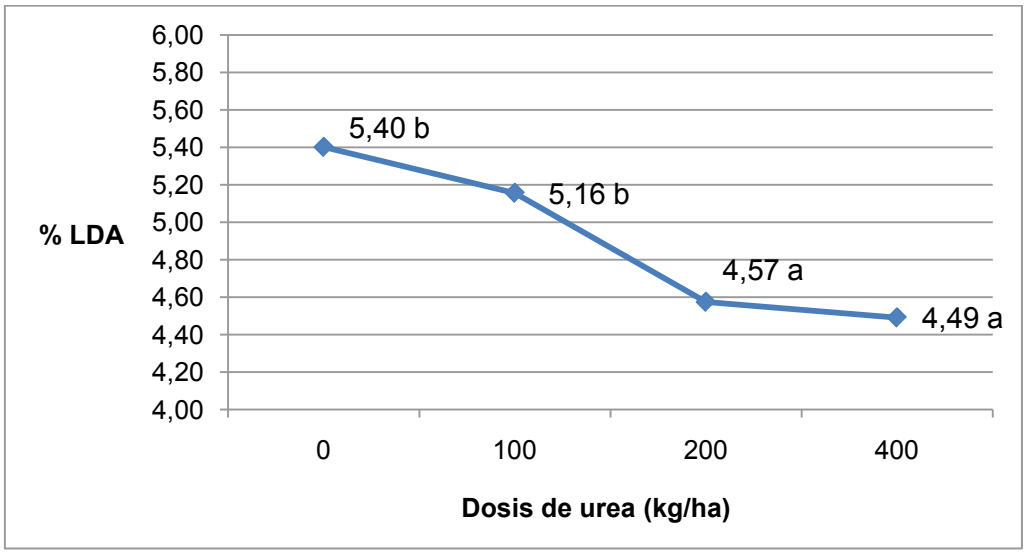


Gráfico 7: Valores promedio (%) de lignina detergente acido, ante aumento de dosis de urea (kg/ha). Letras iguales indican grupos homogéneos. DMS.

Digestibilidad in vitro

El promedio de todos los materiales, de la digestibilidad in vitro de la planta completa y de las espigas, no se diferenció significativamente ante aumentos en las dosis de fertilización con urea (Tabla 7). En cambio en tallo+hojas se evidenció un aumento diferenciado a partir de los 200 kg/ha de urea, y se acentuó con 400 kg, ya que acumuló reservas que probablemente no pudieron ser removilizadas a las espigas, por estar limitadas por destinos. El beneficio de este aumento, es el mejor aprovechamiento nutricional del alimento, a igual consumo por parte del animal.

Bajo condiciones experimentales, una reducción de 0, 33, 66, y 100% en el número de granos fijados por unidad de superficie, por impedimento de la polinización, condujo a una reducción significativa en el rendimiento total de biomasa y a un incremento en la biomasa del componente tallo. Sin embargo, no tuvo efecto sobre el contenido de

proteína bruta y la digestibilidad in vitro de la materia seca del ensilaje (Dalla Valle y col. 1998b).

La calidad de la planta de maíz se reduce hacia la madurez como consecuencia de un incremento e indigestibilidad de la pared celular, siendo compensado dicho efecto por el almidón aportado por los granos (Van Soest, 1994).

Tabla 7: Valores promedios de digestibilidad in vitro, para los distintos tratamientos.

Urea (kg/ha)	Dig. In Vitro (%)		
	PC	T+H	E
0	60,28 a	52,33 c	87,02 a
100	60,99 a	53,31 c	86,08 a
200	61,78 a	57,26 b	85,24 a
400	60,43 a	59,53 a	84,94 a

Dentro de cada columna, letras iguales indican grupos homogéneos. DMS.

En la fracción tallo+hojas, se compararon a los híbridos entre sí, promediando los 4 tratamientos, y se evidenció que hubo diferencias significativas (Gráfico 8), las cuales se deben exclusivamente a características propias de cada material.

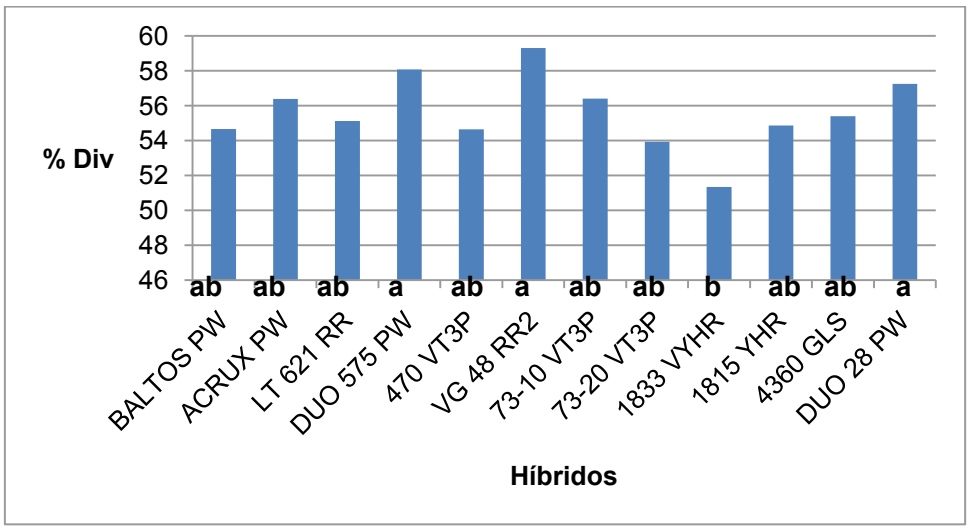


Gráfico 8: Promedio de los 4 tratamientos de la digestibilidad in vitro de T+H. Letras iguales indican grupos homogéneos. DMS.

Digestibilidad de la fibra

No se registraron diferencias significativas entre los tratamientos de 0 y 100 kg/ha de urea (Tabla 8), las cuales aparecen a partir de los 200 kg, y se intensifican con 400 kg de urea por hectárea.

Tabla 8: Valores promedios de digestibilidad de fibra de tallo + hojas, para los distintos tratamientos.

Urea (kg/ha)	Dig. de la Fibra (%)
0	31,12 c
100	31,32 c
200	33,32 b
400	34,65 a

Letras iguales indican grupos homogéneos. DMS.

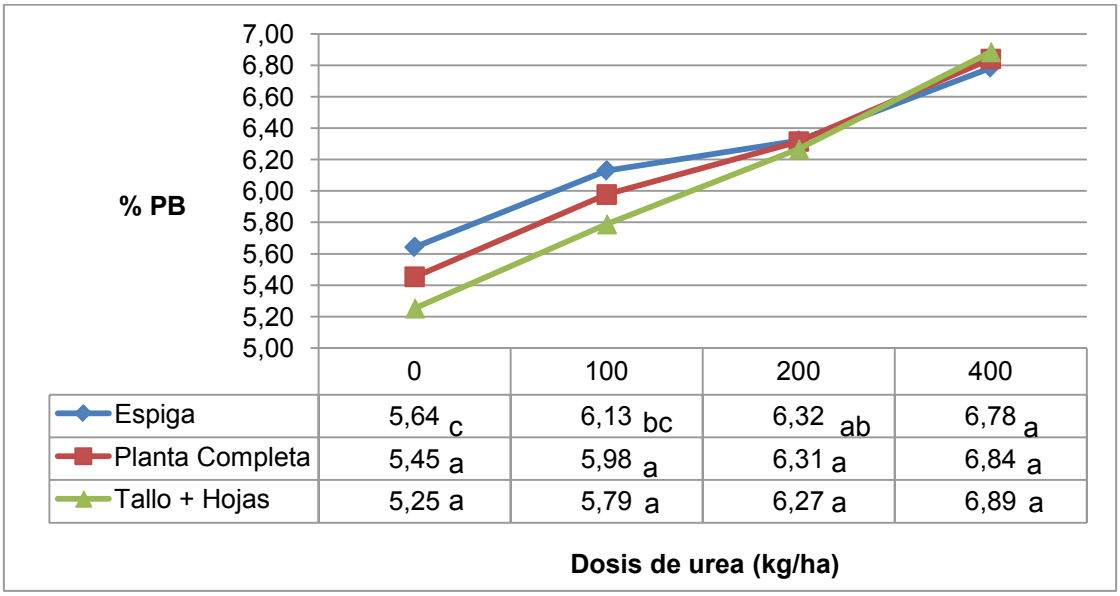
Una mejora en la digestibilidad de la fibra permitiría incrementar la concentración energética del silaje y el consumo, con la consecuente mejora en la performance animal (Alessandro, 2002).

Proteína bruta

A medida que la dosis de urea se incrementó, el contenido de proteina bruta aumentó significativamente (Gráfico 9), independientemente de que parte de la planta se trate, ya sea planta completa, tallo+hojas, o espigas. Cabe aclarar que a mismas dosis la variación entre hibridos es amplia (Tabla 9), atribuibles probablemente a caracteristicas propias de cada material, o condiciones ambientales que pudieron favorecer o perjudicar a dichos materiales.

El incremento de la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz, provoca un aumento significativo en el contenido de proteína del forraje. Fertilizaciones nitrogenadas entre los 150 y 300 kg/ha de N, tienen un efecto positivo sobre la producción de proteína,

mientras que niveles superiores a los 450 kg/ha de N, no producen un aumento en la producción de proteína (Karlen et al., 1985).



	0	100	200	400
Espiga	5,64 c	6,13 bc	6,32 ab	6,78 a
Planta Completa	5,45 a	5,98 a	6,31 a	6,84 a
Tallo + Hojas	5,25 a	5,79 a	6,27 a	6,89 a

Gráfico 9: Valores promedios de proteina bruta (%), ante aumentos de dosis de urea (kg/ha). Letras iguales indican grupos homogéneos dentro de cada fracción analizada. DMS.

Tabla 9: Variación entre híbridos de los valores de PB (%), para cada tratamiento en particular.

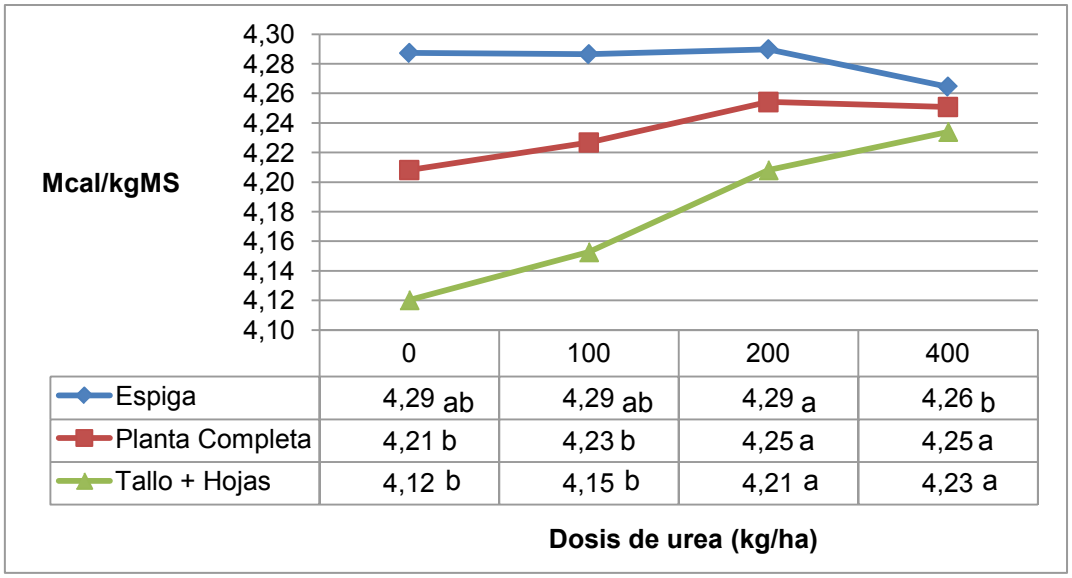
Híbridos	0 kg/ha	Híbridos	100 kg/ha	Híbridos	200 kg/ha	Híbridos	400 kg/ha
1833	6,39 a	73-20	7,16 a	73-20	6,95 a	4360	7,33 a
73-20	5,79 b	1833	6,76 ab	VG48	6,76 a	DUO575	7,25 a
1815	5,70 bc	Baltos	6,22 abc	1833	6,53 ab	73-20	7,19 a
73-10	5,69 bc	4360	6,09 bcd	DUO575	6,51 ab	Acrux	7,16 a
Baltos	5,52 bcd	VG48	5,98 bcd	Acrux	6,50 ab	1833	7,10 ab
LT621	5,37 cde	Acrux	5,93 bcd	1815	6,39 abc	LT621	6,98 ab
4360	5,32 cde	470	5,92 bcd	LT621	6,36 abc	1815	6,97 ab
470	5,29 de	DUO28	5,71 cd	4360	6,28 abc	470	6,77 abc
DUO575	5,17 de	1815	5,61 cd	DUO28	6,23 abc	VG48	6,77 abc
Acrux	5,11 e	LT621	5,57 cd	Baltos	5,78 bc	Baltos	6,40 abc
VG48	5,08 e	73-10	5,46 cd	470	5,70 bc	73-10	6,18 bc
DUO28	4,98 e	DUO575	5,13 d	73-10	5,56 c	DUO28	5,96 c

Dentro de cada columna, letras iguales indican grupos homogéneos. DMS.

Energía bruta

La totalidad de la energia bruta (EB), no puede utlizarse por los animales, ya que una parte se pierde con los productos de excresión (heces, orina, gases) y otra parte se pierde en forma de calor. A partir de la EB se pueden derivar otras medidas de la energía aportada por un alimento.

Los valores de EB de tallo+hojas y planta completa aumentaron significativamente con el aumento de la dosis de urea (Gráfico 10), hasta 200 kg/ha, probablemente debido a la acumulación de reservas que se produjo en esta fracción de la planta, por la baja partición de fotoasimilados hacia la espiga, en las cuales la dosis de 200 kg/ha se diferencia significativamente de la de 400 kg/ha.



	0	100	200	400
Espiga	4,29 ab	4,29 ab	4,29 a	4,26 b
Planta Completa	4,21 b	4,23 b	4,25 a	4,25 a
Tallo + Hojas	4,12 b	4,15 b	4,21 a	4,23 a

Grafico 10: Valores promedios de energía bruta (Mcal/Kg MS), ante aumento de dosis de urea (kg/ha). Letras iguales indican grupos homogéneos, para cada fracción analizada. DMS.

Energía digestible

En la fracción tallo+hojas, la energía digestible (ED) aumentó significativamente con el aumento de la dosis de urea (Gráfico 11); algo similar ocurrió en planta completa, pero no fue el caso de la espiga, en la cual el mayor valor de ED se obtuvo en el tratamiento testigo, producto de la acumulación de fotoasimilados en la parte vegetativa de la planta, que no fueron removilizados hacia estas.

El tallo de la planta de maíz disminuye su digestibilidad a medida que avanza en su ciclo vegetativo. Pero, a medida que decae el valor energético del tallo, los granos acumulan almidón de alta digestibilidad que compensa la pérdida de valor energético del tallo. De modo que, una planta de maíz bien provista de granos tiene un valor energético que sufre pocos cambios a lo largo de su ciclo vegetativo. A medida que el cultivo madura, un porcentaje cada vez mayor de la energía es aportado por el almidón almacenado en los granos. Si la planta tiene un contenido de granos bajo, la pérdida de valor energético del tallo se reflejará en la planta completa. Por eso el valor

energético del silaje, expresado como energía digestible, es directamente proporcional al contenido de grano. El valor energético del silaje puede variar entre 2,35 y 2,75 Mcal/kg de MS de energía digestible (Gingins, 2013), valores superados en el ensayo para el promedio de los 4 tratamientos, en planta completa. Igualmente hay diferencias significativas entre híbridos (Tabla 10).

Tabla 10: Valores promedios de energía digestible (Mcal/kgMS) de planta completa para cada híbrido.

Híbridos	ED (Mcal/kg MS)	DMS
73-10 (Dekalb)	3,13	a
470 (ACA)	3,11	a
1815 (Pionner)	3,09	a
VG48 (ACA)	3,09	a
Acrux (Morgan)	3,08	a
DUO28 (Forratec)	3,07	a
73-20 (Dekalb)	3,06	a
LT621 (La Tijereta)	3,05	a
4360 (KWS)	3,03	ab
Baltos (Morgan)	3,02	ab
1833 (Pionner)	2,92	bc
DUO575 (Forratec)	2,88	c

Dentro de cada columna, letras iguales indican grupos homogéneos. DMS.

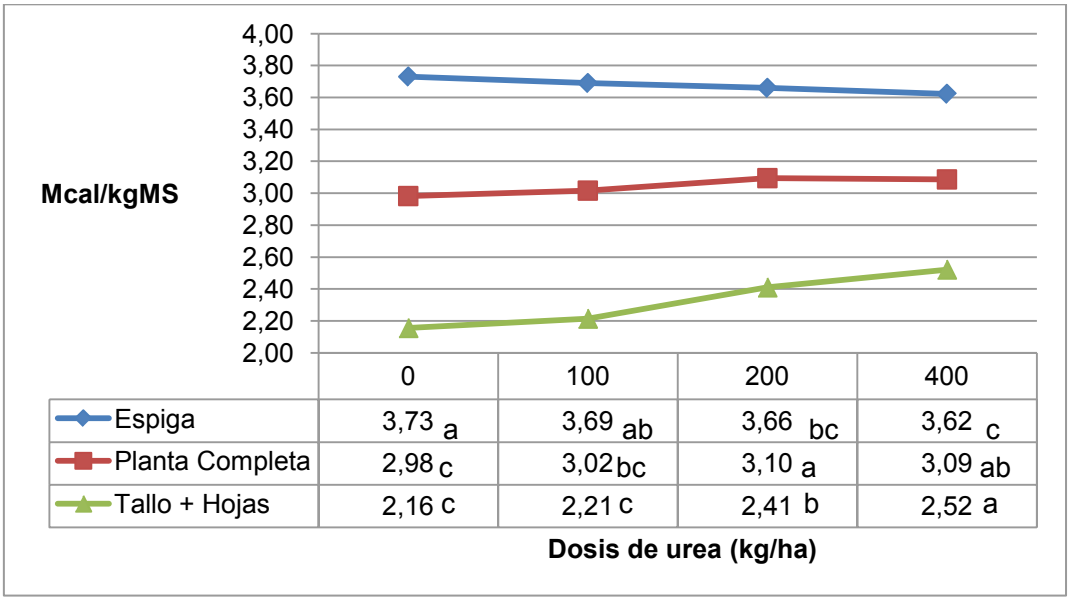


Grafico 11: Valores promedios de energía digestible (Mcal/Kg MS), ante aumento de dosis de urea (kg/ha). Letras iguales indican grupos homogéneos, para cada fracción analizada. DMS.

Rendimiento en materia seca digestible

El rendimiento en materia seca digestible fue aumentando siginificativamente, conforme iba incrementándose el contenido de nitrógeno, para la fracción de tallo + hojas, y planta completa. No fue el caso de las espigas, en las cuales no hay diferencia significativa en los tratamientos con aplicación de urea, 100 kg/ha, 200 kg/ha y 400 kg/ha (Tabla 11). La alta producción de fotoasimilados, producto de la incorporación de nitrógeno en dosis crecientes, permanecieron en la fracción vegetativa de la planta, y no pudieron ser traslocados debidamente a las espigas, debido a la limitación por destinos que sufrió el cultivo, generado por las deficientes precipitaciones en el período crítico. Probablemente por este motivo, no se aprecien diferencias en la fracción espigas, en los tratamientos con incorporación de nitrógeno.

Tabla 11: Valores promedios en kg/ha de rendimiento en materia seca digestible (RMSD) de planta completa (PC), tallo + hojas (T+H), y espigas (E), ante aumento de dosis de urea (kg/ha).

Urea (kg/ha)	RMSDPC	RMSDT+H	RMSDE
0	8787 c	3111 d	5676 b
100	10727 b	3675 c	7052 a
200	11322 a b	4024 b	7299 a
400	11528 a	4609 a	6920 a

Dentro de cada columna, letras iguales indican grupos homogéneos. Diferencias mínimas significativas (5%).

CONCLUSIONES

Los valores obtenidos de las variables analizadas demuestran la potencialidad de los distintos hibridos para la confección de un silaje de maíz de calidad, en la Pampa Deprimida.

Se evidenciaron diferencias en el stand final de plantas, debido a la cantidad de materiales, fue dificil obtener la placa adecuada para cada hibirdo, provocando tanto fallas como duplicaciones.

El tratamiento de 200 kg/ha de urea, fue el más favorable tanto en rendimiento como en calidad forrajera, teniendo una eficiencia de uso del nitrógeno media, en comparación con los demas tratamientos; se demuestra con los valores obtenidos en la planta comleta que no se diferencian con el tratamiento de 400 kg/ha, como por ejemplo contenido de materia seca, rendimiento de materia seca, indice de espiga, digestibilidad in vitro, energia digestible, FDA, LDA. Si bien algunas variables del tratamiento de 400 kg/ha de urea, se diferencian significativamente de la de 200 kg/ha, como es el caso de la proteína bruta, no se justifica por el costo económico que implica la duplicación de la dosis.

El rendimiento de materia seca de la parte vegetativa de la planta, aumentó con el incremento de la fertilización nitrogenada; no asi el de la espiga, debido a las precipitaciones inferiores a las deseadas en el momento critico del cultivo, lo que provocaron una menor particion de asimilados a los granos.

El indice de espiga demostró valores que rondan el 50%, altamente aceptable para un silo de calidad.

Las diferencias nutritivas entre materiales, se deben al híbrido, al estado de madurez al momento de la cosecha, y a la proporción de granos, entre otras.

Las evaluaciones de los distintos materiales permitieron obtener respuestas de calidad y cantidad de biomasa forrajera, ante los aumentos en las dosis de la fertilización nitrogenada.

BIBLIOGRAFÍA

Publicaciones periódicas

Andrade, F; A. Cirilo; S. Uhart y M. Otegui. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. CERBAS-EEA INTA, Balcarce. FCA-UNMP. Dekalb Press. Argentina.

Bach, A y S. Calsamiglia. 2006. La fibra en los rumiantes: ¿Química o física? Grupo de investigación en Nutrición, Manejo y Bienestar Animal. Universidad Autónoma de Barcelona. España.

Borras, L y M. Otegui. 2001. Maize kernel weight response to postflowering source-sink ratio. Crop Science 41:1816-1823.

Cirilo, A y F. Andrade. 1994. Sowing date and maize productivity: II. Kernel number determination. Crop Sci. 34:1044-1046.

Dalla Valle, D; E. Viviani Rossi; F. Andrade y M. Wade. 1998a. Contenido de grano y calidad de maíz para silaje. Revista Argentina producción animal. 18 (Supl. 1):137-138.

Dalla Valle, D; E. Viviani Rossi; F. Andrade y M. Wade. 1998b. Rendimiento de maíz para silaje en función del número de granos fijados. Revista Argentina producción animal. 18 (Supl. 1):138.

Filya, I. 2004. Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. Animal Feed Science and Technology.

García, F y A. Correndo. 2013. Cálculo de requerimientos nutricionales. Planilla de cálculo para estimar la absorción y extracción de nutrientes de cereales, oleaginosas, industriales y forrajeras.

Gingins, M. 2013. Como interpretar un análisis de silaje de maíz. Revista Argentina de producción animal.

Hunt, C; W. Kezar y R. Vinande. 1989. Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear, and stover as affected by maturity. J. Prod. Agric. 2:357-361.

Inta. Cartas de suelos de la República Argentina.

Inta. Manejo de la fertilización en maíz. Pergamino, Buenos Aires.

Karlen, D; C. Camp y J. Zublena. 1985. Plant density, distribution and fertilizer effects on yield and quality of irrigated corn silage. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 16:55-70.

León, R y M. Oesterheld. 1982. Envejecimiento de pasturas implantadas en el norte de la Depresión del Salado. Un enfoque sucesional. Rev. Facultad de Agronomía, 3:41-49.

Messer, H. 1978. Storing and handling forage maize. En: Butting, E. S., B. F. Pain, R. H. Phipps, J. M. Wilkinson y R. E. Gunn. Forage maize: Production and utilization. The Whitefriars Press ltd., London and Tombridge, Great Britain.

Muchow, R. 1988. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment: I. Leaf growth and leaf nitrogen. Field Crops Res. 18:1-16.

Otegui, M y F. Andrade. 2000. New relationships between light interception, ear growth, and kernel set in maize. In: Physiology and modeling kernel set in maize. CSSA Special Publication Number 29, CSSA and ASA, Madison WI, USA, pp 89-102.

Pendini, C. 2012. Notas sobre producción de leche. Editorial Sima. Facultad de ciencias Agropecuarias – UNC. Argentina.

Phipps, R. 1978. Utilization of maize silage for milk production. En: Butting, E. S., B. F. Pain, R. H. Phipps, J. M. Wilkinson y R. E. Gunn. Forage maize: Production and utilization. The Whitefriars Press ltd., London and Tombridge, Great Britain.

Rajcan, I y M. Tollenaar. 1999. Source:sink ratio and leaf senescence in maize: Dry matter accumulation and partitioning during grain filling. Field Crops Res. 102:198-209.

Sepulveda, A; E. Gonzalez y C. Inostroza. 2011. Remediación de la contaminación por nitratos en el suelo: antecedentes generales y pertinencia en zona sur de Chile. Gestión Ambiental 21:13-32.

Uhart, S y F. Andrade. 1995. Nitrogen and carbon accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios. 1995. Crop Sci. 35:183-190.

Vervoorst, F.B. 1967. Las comunidades vegetales de la Depresión del Salado (Prov. de Buenos Aires). Serie Fitogeografica 7. INTA. Buenos Aires.

Wiersma, D; P. Carter; K. Albrecht y J. Coors. 1993. Kernel milkline stage and corn forage yield, quality and dry matter content. J. Prod. Agric. 6:94-99.

Wilkinson, J. 1978. The ensiling of forage maize: effects on composition and nutrive value. En: Bunting, E.S., B.F. Pain, R. H. Phipps, J.M. Wilkinson, y R. E. Gunn. Forage maize: production and utilization. The Whitefriars Press. Ltd., London and Tombridge, Great Britain.

Xu, S; J. Harrison; W. Kezar; N. Entrikin; K. Loney y R. Riley. 1995. Evaluation of yield, quality, and plant composition of early-maturing hybrids harvested at three stages of maturity. Prof. Anim. Sci. 11:157-165.

Capítulos de libros

Bertiller, M y R. León. 1975. Identificación por caracteres vegetativos, de las gramíneas pertenecientes a las comunidades de lugares húmedos, en la Depresión del Salado (Bs. As.). Kurtziana 8:127-139.

Bragachini, M; P. Cattani; J. Giordano; J. Peiretti; F. Sanchez y G. Urrets Zavalia. 2018. Capítulo 10: Silaje. En: Tecnologías para producir alimentos de alta calidad y aspectos relacionados a la eficiencia de uso de la maquinaria agrícola y el manejo nutricional. 1º edición. Manfredi, Cordoba. Ediciones INTA.

Dardanelli, J; D. Collino; M. Otegui y V. Sadras. 2003. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de granos. En: Producción de granos: Bases funcionales para su manejo. E.H. Satorre, R. Benech-Arnold, G.A. Slafer, E.B. de la Fuente, D.J. Miralles, M.O. Otegui y R. Savin (Eds.). Editorial Facultad Agronomía-UBA. Cap. 16. Pág. 375-440.

Gallardo, M. 2008. Capítulo 12: Aspectos relacionados al manejo nutricional. En: Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. Manual Técnico Nº6. INTA-PRECOP II. Ediciones INTA.

Libros

Burkart, S.E; M.F. Garbulsky; C.M. Ghersa; J.P. Guerschman; R.J.C. León; M. Oesterheld y S.B. Perelman. 2005. Las comunidades potenciales del pastizal pampeano bonaerense. Pp. 379-399. En: M. Oesterheld, MR Aguiar, CM Ghersa y JM Paruelo (eds.). La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Ronaldo León. Editorial Facultad de Agronomía UBA.

Etchevehere, P. 1961. Bosquejo de regiones geomorfológicas y de drenaje de la República Argentina. IDIA 162: 7-25.

Fallah, S y A. Tadayyon. 2010. Uptake nitrogen efficiency in forage maize: effects of nitrogen and plant density. Agrociencia 44:549-560.

Gabrielsen, B. C. 1986. Evaluation of marketed cellulases for activity and capacity to degrade forage. Agron. J. 78:838-842.

Goering, K. H y P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures, and some application). In: USDA Agricultural Handbook. ARSUSDA, Washington, 379 p.

Gross, F. 1969. Silos y ensilados. Editorial acribia. Zaragoza, España.

Johnson, R. 1974. Feedstuffs utilized by ruminants. En: Church, D. C. digestibility physiology and nutrition of ruminants. Vol. 3-Practical nutrition. Third edition. Albany Printing Co., Albany, Oregon, USA.

Jordan, F; J. Waugh; E. P. Glenn; L. Sam; T. Thompson y T. Lewis. 2008. Natural bioremediation of a nitrate-contaminated soil-and-aquifer system in a desert environment. J. Arid Environ. 72:748-763.

Jung, H. G y M. S. Allen. 1995. Characteristic of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. J Anim Sci 73:2774-2790.

Lavado, R. S. 1991. Rio de la Plata Grasslands. Climate. In Coupland, R.T. (ed.). Ecosystems of the World 8A: Natural Grasslands, Elsevier, Amsterdan. 376-377.

León, R. 1992. Río de la Plata Grassland. Regional sub-divisions. In: Coupland, R.T. (ed.). Ecosystems of the World 8A: Natural Grassland, Elsevier, Amsterdam. 376-407.

Lubet, E y C. Juste. 1985. Cinetique de la production de matiere seche et de prelevement d'elements nutritifs par une culture irriguee de mais a haute potentialite de redement. Agronomie 5:239-250.

Mertens, D. R. 1994. Regulation of forage intake, p. 450-493. In G. C. Fahey, Jr. (ed.) Forage Quality, Evaluation, and Utilization. ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisc.

Puech, J y M. Hernandez. 1973. Evapotranspiration comparee de differentes cultures et etude de quelques facteurs influencant les rithmes de consomation. Annales. Agronomiques, 24 (4):435-437.

Sainz Rozas, H; H. Echeverria; G. Studdert y F. Andrade. 1999. No-till maize nitrogen uptake and yield: Effect of urease inhibitor and application time. Agron. J. 91:950-955.

Van Soest, P. J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. A rapid method for the determination of fiber and lignin.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the rumiant, 2nd edition. Cornell University Press, Ithaca, New York.

Van Soest, P. J y J.B. Robertson. 1980. System of analysis for evaluating fibrous feeds. In: Standarization of analytical methodology in feeds (Pigden, W. J., Blach, C. C. y Graham, M. eds.), pp. 49-60. International research Development Center, Ottawa, Canda.

Watson, S y A. Smith. 1965. El ensilaje. Traducción de la 2ª editorial en inglés. Compañía editorial continental. México.

Actas de reuniones científicas

García, F; K. Fabrizzi; L. Picone y F. Justel. 1999. Volatilización de amoníaco a partir de fertilizantes nitrogenados aplicados superficialmente bajo siembra directa y convencional. 14º. Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Pucón, Chile. 8-12 noviembre 1999.

Robelin, M. 1962. Contribution a l´etude du comportement du mais grain vis-a-vis de la secheresse. In: Journees Intern. de l'rrigation, Agen. Publ. AGPM.

Westerterp, K. 1998. Alterations in energy balance with exercise. Amercian Journal of Clinical Nutrition 68: S970-S974.

Wilkins, R. 1986. The ensiling of grass: effects of wilting and additives. Paper presented to PROCISUR Conference. Estacion Experimental Remehue, INIA, Osorno, Chile.

Tesis e informes

Alessandro, M. 2002. Variabilidad y parámetros genéticos en caracteres morfofisiológicos de maíz para silaje relacionados con las estrategias de acumulación de materia seca. Tesis M. Sc. Pergamino, Argentina, UNR. 146p.

Fuentes electrónicas on line

Clima Dolores Aerodrome. www.tutiempo.net/clima

Ensayo Maíz. https://ruralnet.com.ar/hibridos-de-maiz-para-silo-campana-2016-17/

Syngenta. Silaje de maíz. www.syngenta.com.ar/silaje-de-maiz