

**EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA A CAMBIOS EN LA  
DENSIDAD DE SIEMBRA Y DOSIS DE FERTILIZANTE  
EN MAÍZ FLINT EN EL CAMPO ESCUELA, FCA-UNC**

**INTEGRANTES:**

Álvarez Constanza  
Antich Xavier Adolfo  
Maldonado María Milagros  
Pereyra Javier Ignacio

**Área de consolidación:**

Sistemas Agrícolas de Producción Extensivos.

**TUTOR:**

Ing. Agr. Sergio Fernando Luque.

**Año:**

2018

## INDICE

RESUMEN: .....	3
INTRODUCCIÓN .....	4
MATERIALES Y MÉTODOS:.....	5
RESULTADOS Y DISCUSIÓN:.....	7
<b>1. Balance Hídrico</b> .....	7
<b>2. Fenología</b> .....	8
<b>3. Fracción de Radiación Interceptada</b> .....	10
<b>4. Rendimiento y componentes numéricos</b> .....	12
<b>5. Evolución del peso de mil granos</b> .....	15
CONCLUSIÓN: .....	17
BIBLIOGRAFÍA: .....	18

## **RESUMEN:**

En Argentina, la producción de maíces de tipo “Flint” se desarrolla en diferentes zonas del país y gran parte se exporta con destino principal a la Unión Europea. El grano es muy valorado por sus cualidades en la industria de la molienda seca para la elaboración de alimentos, destacándose por la dureza de su endosperma, calidad y proporción de proteínas y su alto contenido de pigmentos.

Dada la importancia de la producción de estos maíces, se evaluó la respuesta del híbrido Flint Colorado NT426 a dos densidades de siembra (6 pl./m<sup>2</sup> y 8 pl./m<sup>2</sup>) y tres dosis de fertilizante nitrogenado (0, 100 y 200 Kg de Urea/Ha.), con un diseño experimental que consistió en franjas simples sin repeticiones durante la campaña 2016/17 en el Campo Escuela de la FCA.

Se realizaron mediciones de contenido hídrico en el suelo al momento de la siembra, fenología, fracción de radiación interceptada, evolución del peso seco de los granos y estimación del rendimiento con sus componentes.

Los resultados indicaron que habría una interacción entre la densidad de siembra y la dosis de nitrógeno. La alta densidad obtuvo mayores diferencias entre tratamientos fertilizados, y la dosis más alta de N no obtuvo el mayor rendimiento, indicando que la respuesta a la fertilización podría estar asociada al nivel inicial de nitrógeno en el suelo y a la disponibilidad hídrica del cultivo durante su ciclo. Esto dejaría evidenciada la necesidad de realizar un muestreo inicial de N y en función de éste ajustar la densidad de siembra, o si no se dispone de dicha información, apuntar a un manejo conservador al momento de la misma.

**Palabras claves:** Maíz Flint, Fertilización, Nitrógeno, Densidad, Rendimiento.

## **INTRODUCCIÓN**

Los maíces Flint argentinos se destacan por la dureza de su endosperma, la calidad y proporción de proteínas y su alto contenido de pigmentos (carotenoides, carotenos y xantofilas), característica que se refleja en el intenso color del grano, y hacen que sea muy valorado por la industria de molienda seca, tanto en Argentina como en el mundo (Martínez Quijano, 2017). La industria de la molienda seca exige un grano que rinda grandes proporciones de fracciones gruesas (“grits”) que serán destinados a la elaboración de copos para desayuno, a la industria cervecera, sémolas para alimentación humana y harinas diversas. El maíz colorado duro, “Flint” o “plata argentino” reúne esas cualidades ya que se fragmenta en trozos de mayor granulometría que el maíz dentado (Balbi y col., 2006).

Según Pereyra (2017), anualmente se siembran alrededor de 100 mil hectáreas de este maíz, y se cosechan 650 mil toneladas. Los niveles de exportación de maíz colorado duro no OGM se sitúa alrededor de 400 mil toneladas por año. El principal destino de exportación es la Unión Europea (Eyhérbide, 2009). La siembra de estos maíces se realiza principalmente en el centro y sudoeste de Córdoba, noreste de La Pampa, este de San Luis, centro-norte de Santa Fe, sudoeste de Entre Ríos, norte de Tucumán, sur de Salta, noreste de Santiago del Estero y noroeste de Chaco. El sobrepeso que recibe el productor por este tipo de calidad varía entre 6 a 12 U\$S por tonelada, lo cual compensa en alguna medida el menor rendimiento esperado (Eyhérbide, 2009).

El maíz cultivado en la Argentina, en general, tiene una madurez relativa de 110 a 130 días, siendo de 110 a 115 días el ciclo ideal para la región sudeste de la provincia de Buenos Aires; de 115 a 125 para la región Pampeana Central, y de 125 a 130 días para zonas subtropicales (Gear, 2006). El maíz es un clásico ejemplo de un cultivo en el que el rendimiento en grano es máximo a un nivel de población definido (Fery y Janick, 1971). Es por esto que la elección de la densidad de siembra constituye uno de los aspectos de manejo que incide en el rendimiento final; diferenciándose de otros cultivos, como trigo, soja, o girasol que tienen mayor capacidad de ajuste ante variaciones en la densidad (Vallone y col., 2011). Al tener el maíz una menor capacidad de ajuste ante variaciones en la densidad de siembra, el número de plantas por unidad de superficie debe garantizar que llegada la floración el cultivo intercepte casi el 100% de la radiación incidente (Cirilo y col., 2003).

El comportamiento individual de las plantas es afectado directamente por factores tales como la nubosidad y la densidad del cultivo y casi todos los ambientes en que se cultiva maíz dependen de la pluviosidad. Los ambientes de maíz de secano sufren a causa de lo errático de las precipitaciones durante el período de crecimiento (Paliwal, 2001).

Entre los elementos minerales esenciales, el nitrógeno (N) es el que limita con más frecuencia el rendimiento del maíz. Esta condición ocurre porque las plantas requieren cantidades relativamente grandes de N (de 1.5 a 3.5 % de peso seco de la planta) y la mayoría de los suelos no tienen suficiente N en forma disponible para mantener los niveles deseados de producción (Below, 2002). Se dispone de escasa información a nivel local referida a la respuesta de maíces Flint a la fertilización nitrogenada ante cambios en la densidad de siembra, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de la variación en la densidad de siembra de un híbrido Flint Colorado, ante diferentes disponibilidades de nitrógeno.

## **MATERIALES Y MÉTODOS:**

Las evaluaciones se realizaron sobre el híbrido Flint Colorado NT426 sembrado el 7 de octubre de 2016, a dos densidades (6 y 8 plantas/m<sup>2</sup>), y sobre tres tratamientos de fertilización nitrogenada a la siembra. El esquema de tratamientos evaluados fue el siguiente:

1. 6 pl/m<sup>2</sup> + 200 kg de Urea.
2. 6 pl/m<sup>2</sup> + 100 kg de Urea.
3. 6 pl/m<sup>2</sup> + 0 kg de Urea.
4. 8 pl/m<sup>2</sup> + 0 kg de Urea.
5. 8 pl/m<sup>2</sup> + 100 kg de Urea.
6. 8 pl/m<sup>2</sup> + 200 kg de Urea.

El diseño del experimento consistió en franjas simples sin repeticiones, donde cada franja representó un tratamiento. Cada franja tuvo 27 surcos de ancho y 200 metros de largo. El fertilizante se aplicó a la siembra.

Se midió el contenido de agua del suelo a la siembra, tomando tres muestras aleatorias en cada franja. En cada muestra se utilizó un barreno, extrayendo submuestras cada 20 cm hasta los 2 metros de profundidad. Estas submuestras fueron pesadas en laboratorio, y colocadas en estufa a 60° durante siete días, hasta peso constante. Posteriormente, se volvieron a pesar las muestras en seco para determinar el contenido de agua útil del suelo. Partiendo de los datos de agua útil al inicio del ciclo, se realizó un balance hídrico, considerando la ETO (Evapotranspiración de referencia) y las precipitaciones efectivas ocurridas.

Durante el ciclo del cultivo se realizó semanalmente el seguimiento fenológico desde la emergencia (VE) hasta madurez fisiológica según escala de Ritchie y Hanway (1982). La duración del ciclo desde VE hasta R1 y desde R1 hasta R6 se determinó en días y grados día ( $T_b = 8^{\circ}\text{C}$ ). El número de hojas desplegadas se contabilizó desde la emergencia. Para ello se marcó en cada lectura la última hoja emergida y se registró el número de hojas completamente desplegadas entre dos lecturas sucesivas. La suma de todas las hojas contadas en cada muestreo determinó el número total de las mismas. Se realizó un análisis de regresión entre el número de hojas acumuladas emergidas en ciclo y los grados días durante el mismo para obtener el filocrono en cada tratamiento. El mismo se calculó a partir de la inversa de la pendiente de la recta de regresión.

Quincenalmente se midió la fracción de radiación interceptada por el cultivo. Se utilizó un ceptor lineal cuántico, colocando el mismo transversalmente entre surcos adyacentes, debajo de la última hoja fotosintéticamente activa. La fracción de radiación interceptada en cada medición se calculó como  $i\% = 1 - (I/I_0)$ , donde  $i\%$  es el porcentaje de radiación incidente interceptado por el cultivo,  $I$  es la cantidad de radiación que llega por debajo del canopeo e  $I_0$  es la cantidad de radiación incidente sobre el cultivo.

A partir de R1 y hasta la madurez fisiológica, se evaluó la senescencia de hojas siguiendo una escala visual. Las observaciones se efectuaron desde el ápice de la planta hasta su base; registrando un porcentaje de senescencia en cada hoja. La escala refleja la porción verde remanente de cada hoja y varió desde 1 hasta 0, donde 1 indicaba hoja 100% verde, y 0 hoja con menos del 25% de área verde.

Para la estimación de rendimiento, se extrajeron dos muestras aleatorias de espigas de cada tratamiento y se promediaron. La superficie cosechada de cada muestra fue de 3,15 m<sup>2</sup> aproximadamente. Las espigas se secaron hasta peso constante en estufa de aire forzado (60°), luego se trillaron y pesaron. A partir de la muestra seca se determinaron los componentes del rendimiento. El peso de mil granos (PG) se determinó en base a una muestra de 200 granos. Y el número de granos por metro cuadrado (NG) se obtuvo a partir del cociente entre el rendimiento en base seca y el PG.

Para evaluar el efecto de la disponibilidad de N y la densidad sobre el crecimiento y el peso final de los granos, se efectuó un seguimiento de la evolución del peso seco de los granos a partir de floración hasta madurez fisiológica. Para ello semanalmente se tomó aleatoriamente muestras de 5 espigas por tratamiento. Las espigas cosechadas se colocaron en estufa, y una vez secas se les extrajeron 60 granos en total de la parte central y se los pesó. La duración efectiva de llenado de los granos, la tasa de llenado y el peso máximo por grano se calcularon para cada tratamiento mediante análisis de regresión siguiendo un modelo lineal+plateau.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

## 1. Balance Hídrico

Al momento de la siembra del ensayo, en el perfil de suelo hasta los dos metros de profundidad, se contaban con 209 mm de agua útil (figura 1). También, durante el ciclo del cultivo y hasta su madurez fisiológica, las precipitaciones ocurridas fueron de 537 mm.

El balance de agua realizado, mostró que durante el ensayo ocurrieron situaciones de déficits de importante intensidad (Figura 1); y que los momentos de mayor déficit ocurrieron en etapas de floración y post floración, lo cual pudo haber causado un efecto negativo en la generación del rendimiento. Se puede considerar que el cultivo presenta estrés hídrico cuando el nivel de agua en el suelo llega a menos del 50% de la capacidad de campo, observándose esto durante gran parte del ciclo del cultivo.

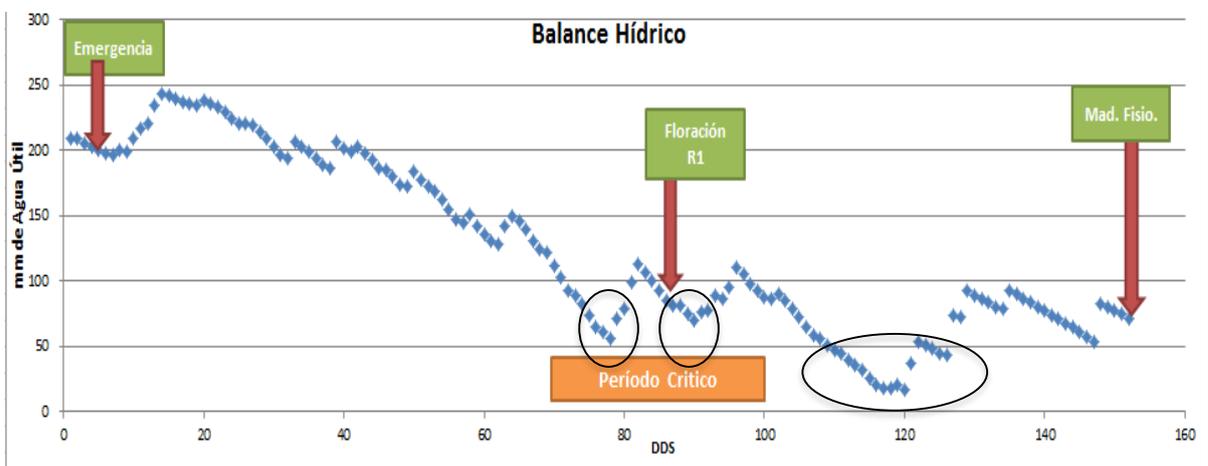


Figura 1. Evolución del agua útil en el perfil de suelo desde la emergencia del cultivo hasta madurez fisiológica indicando los momentos de emergencia, floración (R1) y madurez fisiológica; junto con la duración y momento de ocurrencia del período crítico. Los círculos indican los momentos de mayor déficit hídrico.

En siembras tempranas de maíz, es posible lograr rendimientos cercanos a los potenciales de producción. Esto se debe a la posibilidad de ubicar el período crítico del cultivo en la época de mayor oferta radiativa, lo que permite una mayor fijación de C, pero con un aumento en la demanda evaporativa y en la cantidad de agua requerida por el cultivo (Otegui, 2006). Esto puede ser poco favorable cuando se presentan períodos en los que el balance hídrico resulta ser negativo, provocando reducción del rendimiento, donde la magnitud de esta depende de la sensibilidad del cultivar (Lorens y col., 1987).

El agua disponible suele ser el principal factor que limita el rendimiento del cultivo de maíz en condiciones extensivas en la Argentina (Maddonni, 2009) y el rendimiento del cultivo está altamente relacionado con la disponibilidad hídrica en el período crítico centrado en floración (Andrade y col., 1996); considerando además que los requerimientos hídricos mínimos del maíz durante su ciclo son de 500 mm, con niveles óptimos de alrededor de 800 mm.

El mayor impacto de un estrés hídrico, se da durante la etapa de fijación de granos, donde se requieren altas tasas de crecimiento del cultivo para lograr un número de granos elevado (Andrade y col.,

1996), siendo determinante dicho componente numérico, en la formación del rendimiento. Restricciones durante la fase de llenado de grano, en general, influyen en menor proporción.

El cultivo presentó buena disponibilidad de agua desde el momento de la siembra, por lo que experimentó un desarrollo vegetativo sin mayores restricciones. Sin embargo, al momento de la floración y pasada la misma ocurrieron momentos de déficits hídricos (Figura 1), lo que en alguna medida pudo afectar la definición del rendimiento final. Esto puede ser así, por afectarse el momento en el que ocurre el cuaje y diferenciación de los granos y no el período en el que se produce el llenado de los mismos.

## **2. Fenología**

El cultivo se sembró 7 de octubre, emergiendo el día 15 del mismo mes. La floración (R1) tuvo lugar el 26 de diciembre, a los 73 días desde emergencia (922 GDD); y la madurez fisiológica ocurrió el 7 de marzo, a los 143 DDE (2009 GDD). La duración de la etapa desde R1 a R6 fue de 1087 GDD. Esta duración fue igual en todos los tratamientos.

De acuerdo al número final de hojas, no se observaron diferencias que sugieran un efecto de la densidad o del nivel de nitrógeno sobre ese componente (Figura 2). Este comportamiento coincide con lo expresado por diferentes autores, que indicaron que el número de hojas no se modifica por efecto de la disponibilidad de agua o nutrientes.

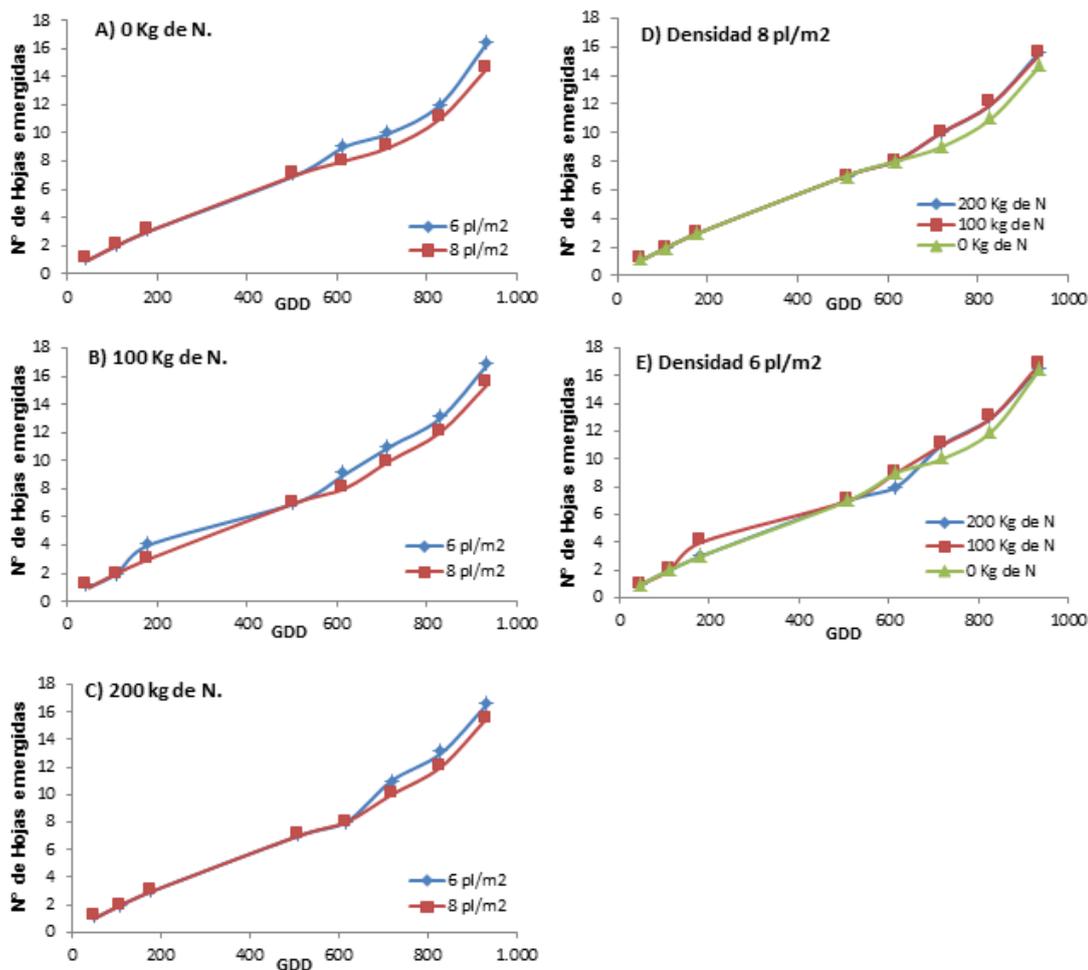


Figura 2. Evolución del número de hojas en función de los grados días desde emergencia. En las figuras A, B y C se compara el comportamiento de dos densidades (6 y 8 pl./m<sup>2</sup>) para las dosis de 0, 100 y 200 Kg UREA/ha respectivamente. Las figuras D y E compara la respuesta a la dosis de fertilizante en dos densidades 6 pl./m<sup>2</sup> (D) y 8 pl./m<sup>2</sup> (E).

El desarrollo del maíz está influido por el genotipo y por variables ambientales (Andrade y col, 1996) siendo la temperatura el principal factor modulador del desarrollo de hojas hasta la floración (Cirilo y col, 2012). La velocidad de aparición de las hojas está en función de las unidades térmicas acumuladas cuando se trabaja en condiciones a campo (Kiniry y Ritchie, 1981; Tollenaar y col., 1979). En la Tabla 1 pueden observarse los resultados obtenidos del número final de hojas y el intervalo de tiempo térmico entre la aparición de dos hojas sucesivas (filocrono) para cada tratamiento. En todos los tratamientos se encontró una alta asociación entre el número de hojas y el tiempo térmico ( $R^2 \geq 0,97$ ) siendo esta asociación altamente significativa ( $p \geq 0,001$ ).

Los resultados muestran que, en los distintos tratamientos, el Filocrono varió entre 61,73 y 69,93 °C día/hoja. La variación entre tratamientos parece no ser lo suficientemente significativa como para inferir que situaciones de mayor densidad o de distintos niveles de N podrían afectar al desarrollo vegetativo de las plantas.

Tabla 1. Número final de hojas. Bondad del ajuste de Regresión Lineal (R2). Valor de significancia de la pendiente en grados día (GDD) y Filocrono hallado para cada densidad y dosis de fertilizante.

Densidad plantas/m <sup>2</sup>	Fertilización kg urea/ha	Nº Final de hojas	R2	p valor GDD	Filocrono °C día/hoja
6	200	17	0,97	*	61,73
6	100	17	0,97	*	62,11
6	0	16	0,98	*	65,79
8	0	16	0,97	*	69,93
8	100	15	0,98	*	68,49
8	200	16	0,97	*	66,67

\*significativo valor p < 0,0001

La diferenciación de cada nuevo primordio (plastocrono) en el meristema demanda alrededor de 24 a 36 grados-día sobre una temperatura base entre 4 y 8.2 °C, mientras que su expansión hasta convertirse en una hoja visible requiere de 48.6 a 65.5 grados-día con una temperatura base entre 3 y 5 °C (Padilla y Otegui, 2005). La Tabla 1 muestra que el filocrono de los tratamientos con la menor densidad se encuentran dentro del rango que se menciona, mientras que el tratamiento con más plantas por m<sup>2</sup> presenta un filocrono algo superior al informado por esos autores. El mayor valor de filocrono hallado en este caso, podría estar asociado a dos fuentes de variación. En primer lugar, debido a errores de muestreo y en segundo lugar debido a diferencias entre los genotipos evaluados por Padilla y Otegui en 2005 respecto del analizado en el trabajo. El valor de filocrono es una característica que puede ser seleccionada genéticamente y por lo tanto estaría sujeta a importantes variaciones entre híbridos.

### 3. Fracción de Radiación Interceptada

Se observaron diferencias en los máximos niveles de intercepción alcanzados en los diferentes tratamientos; la densidad de 8 plantas/m<sup>2</sup> fue la que mostró el mejor desempeño (Figura 3). Esto se debe a que, la intercepción de la radiación está relacionada íntimamente con el Índice de Área Foliar (IAF), que es función principalmente del área foliar de cada individuo (Suárez y Gómez, 2002) y de la cantidad de plantas por metro cuadrado. Por ende, la densidad de siembra es un factor determinante del IAF y de la intercepción de la radiación (Yzarra y col. 2010), ya que modifica el número de individuos que aportan área foliar al cultivo. El ajuste en la densidad de siembra en maíz es fundamental debido a que es una especie poco plástica y no posee buena capacidad de compensación frente a bajas densidades.

El tiempo al cual es alcanzado el pico máximo de intercepción de radiación fue similar para la menor densidad, en los tres niveles de N Figura 3 (D y E), mientras que en la densidad de 8 plantas/m<sup>2</sup>, el tratamiento con mayor cantidad de N alcanzó en menor tiempo su pico de intercepción. Este hecho podría estar explicado porque, el incremento en la disponibilidad de nitrógeno aumenta el crecimiento y vigor inicial de la planta (Below, 2002). Además, al aumentar la densidad siembra, se alcanzan índices de área foliar elevados en menor tiempo, ya que el cultivo posee una mayor cantidad de hojas por superficie. Dicho comportamiento podría indicar una situación de alta competencia por el recurso N, en la mayor densidad, que sólo fue salvado cuando se emplearon elevadas dosis de fertilizante (figura 3, D). Evidencia de esto surge de la figura 3, las menores dosis de N (Figura 3 A y B) alcanzan los máximos niveles de intercepción más rápido con 6 plantas por m<sup>2</sup>; y sólo pudo observarse una respuesta al aumento en la dosis de N,

mejorando la captura de luz, en la mayor densidad (Figura 3 C). Esto sugeriría un bajo nivel inicial de nitrógeno en el suelo, generando la necesidad de contar con un adecuado análisis previo de nutrientes, para ajustar la dosis de fertilizante a la densidad de siembra a emplear. Autores como (Bundy y Malone, 1988; Binford y col., 1992; y Barberis, 1983) indican que los contenidos de nitratos en el perfil del suelo afectan la respuesta a la captura de luz del cultivo a la aplicación del elemento.

La persistencia en la intercepción de la radiación (figura 3) posee variaciones no muy claras en los diferentes tratamientos, pero se puede observar que todos cubren el periodo de llenado de granos con una intercepción mayor al 70%.

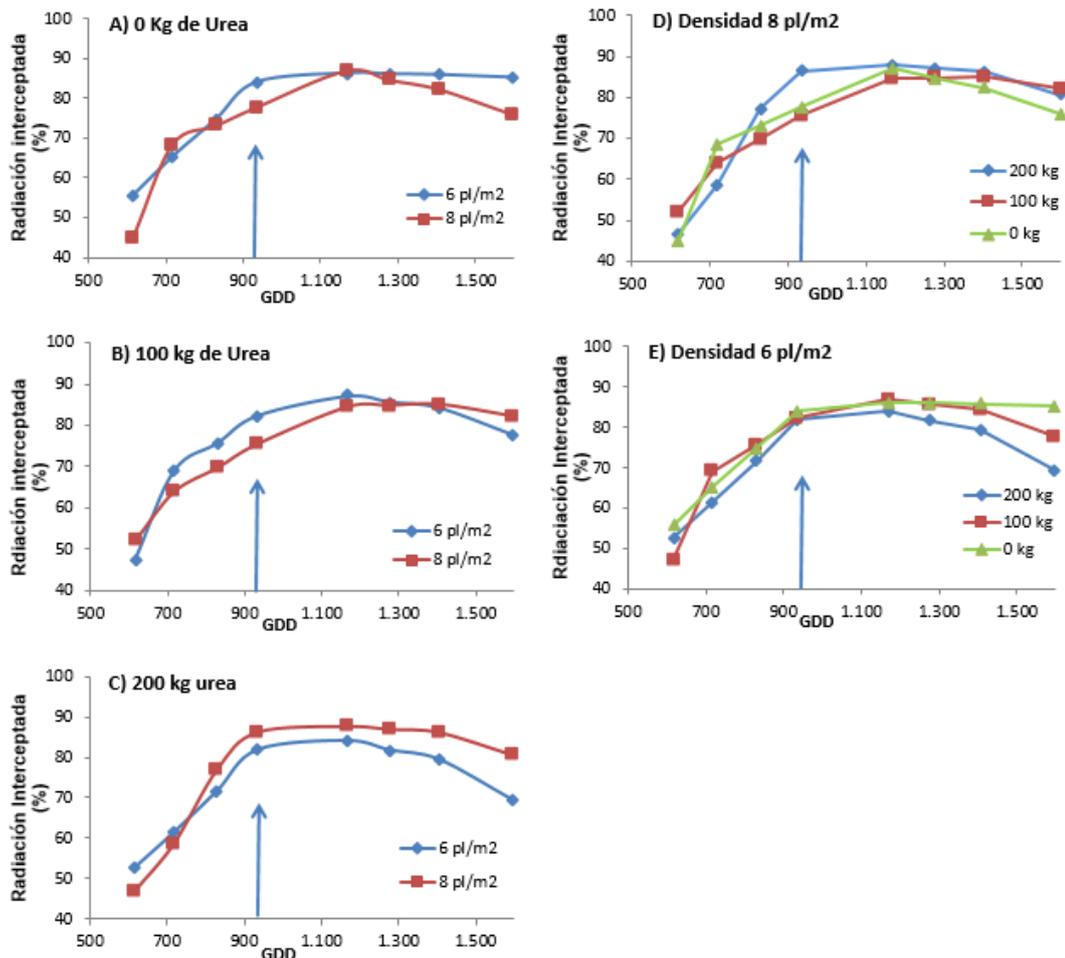


Figura 3. Evolución de la fracción de radiación interceptada en función de los Grados Día Desde Emergencia (GDD) del cultivo. En las figuras A, B y C se compara el comportamiento de dos densidades (6 y 8 pl./m<sup>2</sup>) para las dosis de 0, 100 y 200 Kg UREA/ha respectivamente. Las figuras D y E compara la respuesta a la dosis de fertilizante en dos densidades 6 pl./m<sup>2</sup> (D) y 8 pl./m<sup>2</sup> (E). La flecha vertical indica el momento de ocurrencia de R1.

#### 4. Rendimiento y componentes numéricos

Los rendimientos obtenidos en los diferentes tratamientos variaron entre 705 y 1108 gr/m<sup>2</sup> con el 14% de humedad. La Figura 4 muestra que los mayores rendimientos se obtuvieron en la densidad de 8 pl./m<sup>2</sup> con 100 kg de fertilizante. La misma densidad mostró las mayores diferencias entre tratamientos, mientras que en las parcelas con 6 pl./m<sup>2</sup> no se observaron grandes diferencias en respuesta a las distintas dosis de fertilización.

El tratamiento de 8 pl./m<sup>2</sup> con 200 kg de fertilizante tuvo menor rendimiento final al esperado teóricamente. La alta densidad combinada con altas dosis de N podría haber impuesto un estrés hídrico adicional para el cultivo, ya que al promover un mayor desarrollo foliar (figura 3, D), también promueve un excesivo consumo temprano de agua, agravado por falta de precipitaciones, que se penalizaría en las etapas críticas con menor provisión del recurso. El cultivo tuvo dos momentos claves de falta de agua, durante el período crítico y llenado de granos (Figura 1).

En el testigo (0 kg de Urea) de la mayor densidad, deficiencias en la nutrición nitrogenada pudieron ser las causantes de un menor rendimiento. Esto coincide con lo expresado por Andrade y col., (1996) que menciona que deficiencias de nitrógeno reducen el rendimiento en grano afectando tanto el número como el peso de los mismos, con un impacto relativo igual al descrito para las deficiencias hídricas. El estrés nitrogenado causa una reducción en la producción de biomasa porque disminuye la cantidad de radiación interceptada por el cultivo y su eficiencia de conversión (Andrade y col. 1996). Como no se observa una marcada caída en el porcentaje de interceptación de radiación en este tratamiento (Figura 3, D), el mayor impacto lo pudo haber tenido la disminución de la eficiencia con que el cultivo convirtió la radiación en biomasa, lo que coincide con lo expuesto por Muchow y Davis (1988). En la densidad con 6 pl./m<sup>2</sup> los recursos agua y nitrógeno pudieron no haber sido una limitante para el desarrollo y la determinación del rendimiento, lo que permite explicar la ausencia de diferencias en el rendimiento asociadas a los diferentes niveles de N.

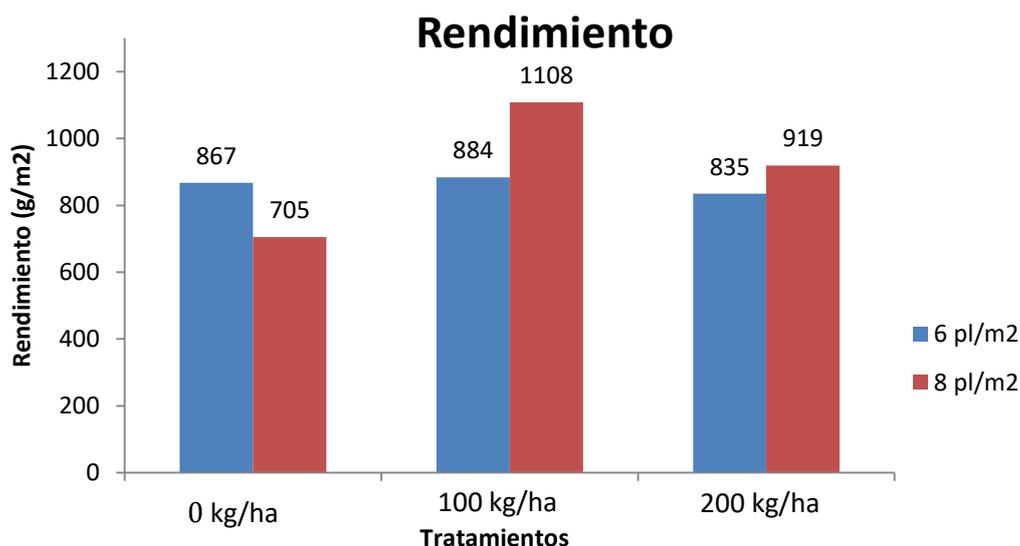


Figura 4. Rendimiento final del cultivo en gramos/ m<sup>2</sup>, comparando tratamientos de dos densidades (6 y 8 pl/m<sup>2</sup>) para dosis de 0, 100 y 200 kg de UREA/ha respectivamente.

Los cambios en el rendimiento del cultivo estuvieron más fuertemente asociados con cambios en el número de granos por metro cuadrado antes que a cambios en el peso individual del grano, (Figura 5 A y B). Esto coincide con Andrade y col. (1996) quienes afirman que el número de granos maduros es el componente del rendimiento que está más estrechamente relacionado con las variaciones en el rendimiento del maíz a campo.

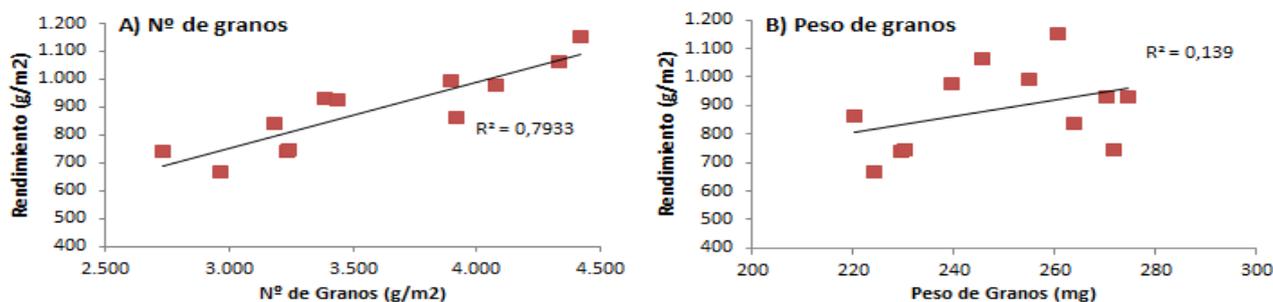


Figura 5. Las figuras A y B, muestran la relación entre rendimiento vs. Número de Granos y Peso individual de granos, respectivamente para todos los tratamientos. También se observan las líneas de tendencia para cada relación. R2 muestra con qué ajuste se trazaron dichas líneas.

El número de granos (NG) fue afectado por la densidad de forma variable. En la menor densidad, el efecto de las diferentes dosis de N, sobre este componente fue despreciable. Cuando se dividió el número de granos por metro cuadrado producido en cada dosis por la densidad más baja, se obtuvo el mismo valor, lo significaría que se logró fijar casi el número potencial de granos por planta. Esto también se observó en la alta densidad con 100 kg de fertilizante, pero varió fuertemente en la dosis más alta y en el testigo sin fertilizar en 8 pl./m<sup>2</sup> (Figura 6.A), donde la disponibilidad de N afectó el número de granos que llegaron a cosecha.

En la densidad de 8 pl./m<sup>2</sup> con 200 kg de urea, la razón de la caída en el número de granos pudo deberse al estrés hídrico adicional mencionado anteriormente, mientras que en el caso de la parcela con 0 kg de N la limitante pudo ser la deficiencia del nutriente N. Cuando los recursos ambientales se tornan limitantes, la tasa de crecimiento por planta durante la floración disminuye (Campodónico, 2012), afectando el número de granos fijados a madurez. Un importante porcentaje de la pérdida de granos puede ser explicada por la falta de producción continua de asimilados cuando el cultivo se encuentra estresado (Westgate y Boyer, 1985; Schussler y Westgate, 1991), y en este caso el desarrollo de los granos dependería en gran medida de la removilización de reservas.

El peso de grano (PG) fue afectado tanto por la densidad como por la dosis de N (Figura 6.B). La densidad de 6 pl./m<sup>2</sup> obtuvo el mayor peso de granos y en ambas densidades, la dosis de 100 kg UREA /ha, definió el mayor peso.

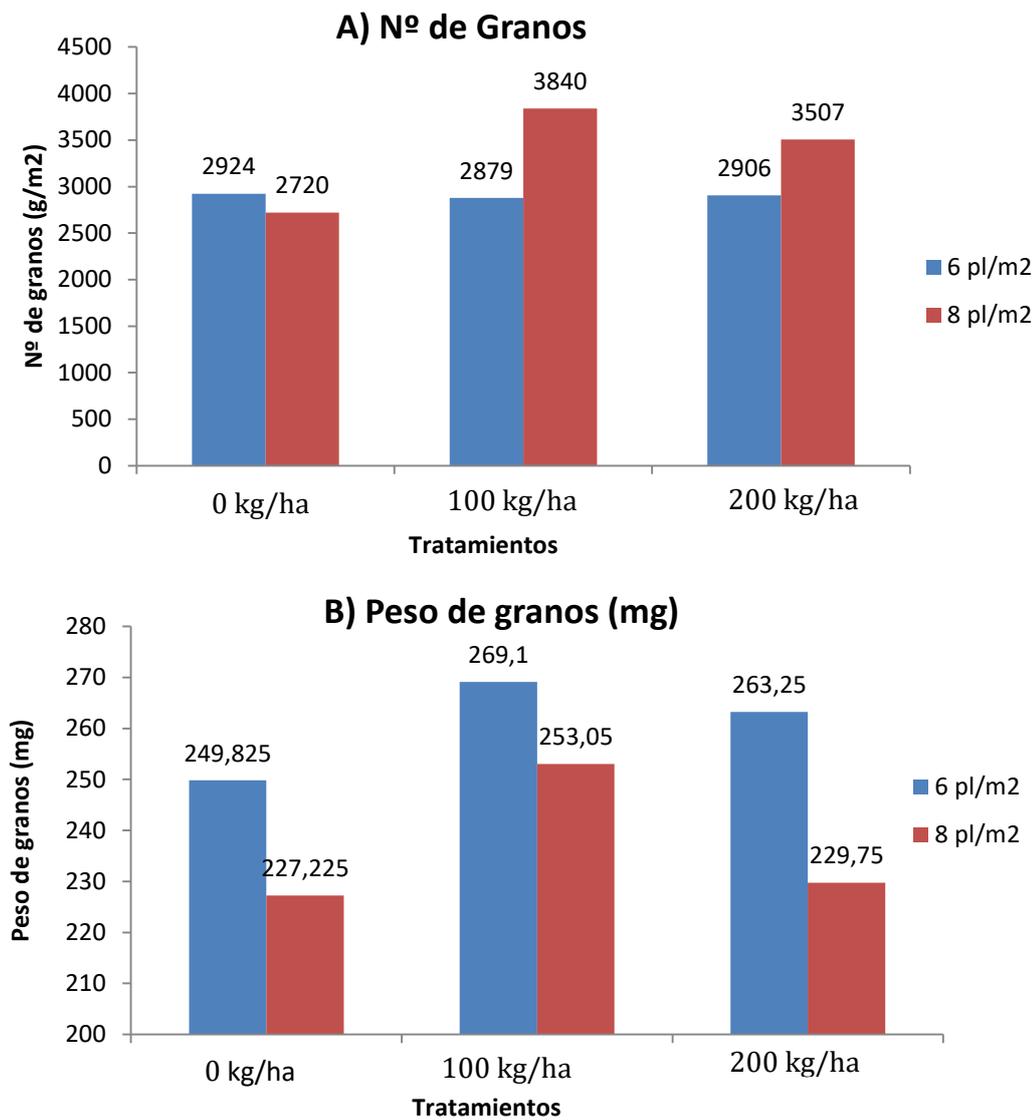


Figura 6. Comparación entre Tratamientos, según densidad (6 y 8 pl./m<sup>2</sup>) y dosis de fertilización (0, 100 y 200 kg de UREA/ha.), para (A) Número de Granos y (B) Peso de los granos.

Como conclusión, variaciones en el número de granos explican en mayor medida variaciones en el rendimiento. En la densidad de 6 pl./m<sup>2</sup> la limitante para establecer un mayor número de granos, fue la cantidad de plantas. Mientras que en 8 pl./m<sup>2</sup> las limitantes pudieron ser la falta de nitrógeno (0 kg de urea) y el estrés hídrico magnificado por un exceso en la disponibilidad inicial de N (tratamiento con 200 kg de urea).

## 5. Evolución del peso de mil granos

El peso de los granos en los distintos tratamientos, fue analizado a través de cambios en la tasa efectiva de crecimiento del grano y de la duración de llenado. Estas variables fueron obtenidas a partir de un análisis de regresión ajustando un modelo del tipo lineal + plateau mediante el ajuste interactivo de los datos que permite obtener el mínimo error del ajuste. Con esta metodología se pudo calcular la tasa de llenado del grano, la duración efectiva del llenado y el peso máximo final.

Las tasas efectivas de llenado fueron superiores en los tratamientos de 6 pl./m<sup>2</sup> con respecto a los de 8 pl./m<sup>2</sup>, y en ambas densidades el tratamiento testigo obtuvo la menor tasa, lo que indicaría una deficiencia del nutriente durante el período de llenado. Además, se observó que el tratamiento de 100 kg de urea de la menor densidad presentó mayor tasa de llenado; al contrario de lo que sucedió en la densidad más alta, donde el tratamiento de 200 Kg de urea fue el que tuvo mayor su tasa (Figura 7, C).

Se observaron diferencias en la duración efectiva del llenado del grano tanto entre densidades como entre dosis de N. En la densidad de 6 pl./m<sup>2</sup> se observó que la duración de llenado del testigo fue mayor en relación a los tratamientos de 100 y 200 kg/ha de Urea. En la mayor densidad se observó que con 0 y 200 kg de Urea/ha. la duración fue menor (Figura 7, B).

El peso máximo del grano registró fuertes variaciones entre densidades en el tratamiento sin N, mientras que en el resto de los tratamientos las variaciones del peso final fueron menos marcadas y en ambas densidades los mayores pesos se obtuvieron en la dosis de 100 kg N, (Figura 7, C).

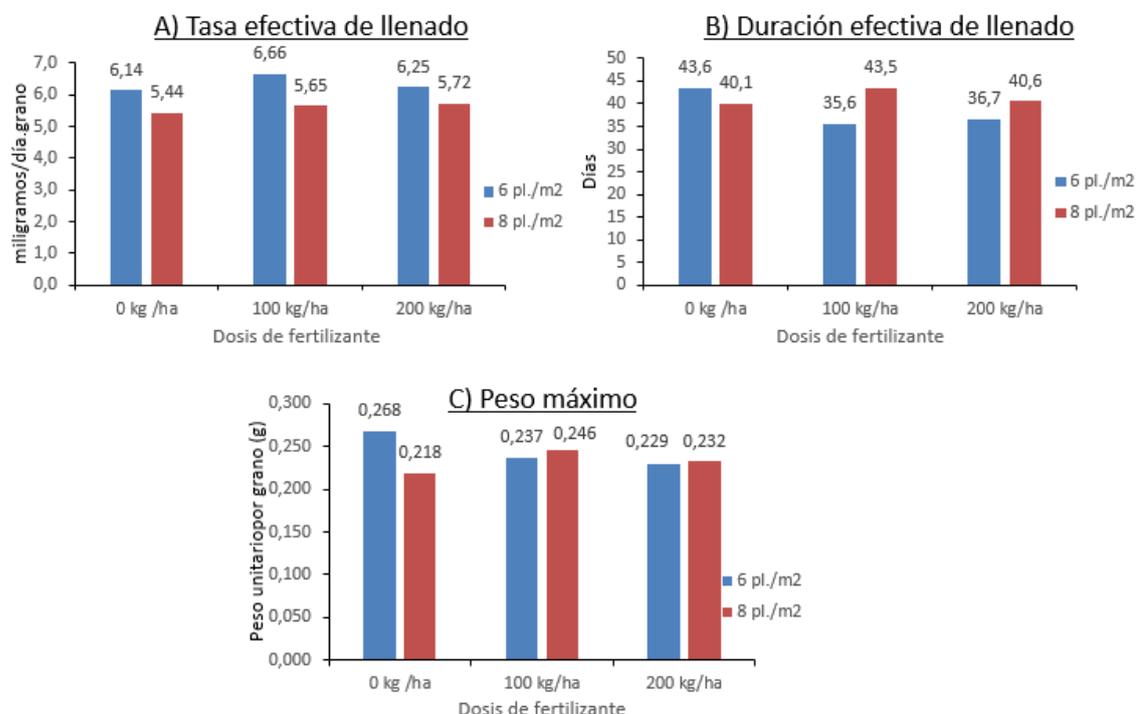


Figura 7. Tasa efectiva de llenado (A), Duración efectiva de llenado (B) y Peso máximo de los granos (C) para dos densidades (6 y 8 pl./m<sup>2</sup>), y sus respectivas dosis de fertilizante (0, 100 y 200 kg de UREA/ha).

Andrade y col. (1996) afirman que la tasa de crecimiento del grano es función directa de la temperatura y la duración del periodo de llenado, es función de la fuente fotosintética disponible y de la temperatura que determina dicha tasa. Un aumento de relación fuente/destino, que se evidencia con un menor número de granos, en las densidades más bajas podrían corresponderse con la mayor tasa y, por ende, la menor duración.

Las deficiencias hídricas o nutricionales reducen la provisión de fotoasimilados durante el período de llenado de granos (Cordi y col., 1997), lo que explicaría lo ocurrido en la mayor densidad, con 200 y 0 kg de N, respectivamente. En el caso del testigo en la densidad de 6 pl/m<sup>2</sup>, la mayor duración del llenado podría explicarse por la mayor persistencia del área foliar explicado en la Figura 3 A y E; debido a que los recursos no fueron limitantes.

El peso del grano, resulta de la duración de su período de llenado y de la tasa a la cual acumula materia seca (Cirilo y col., 2012).

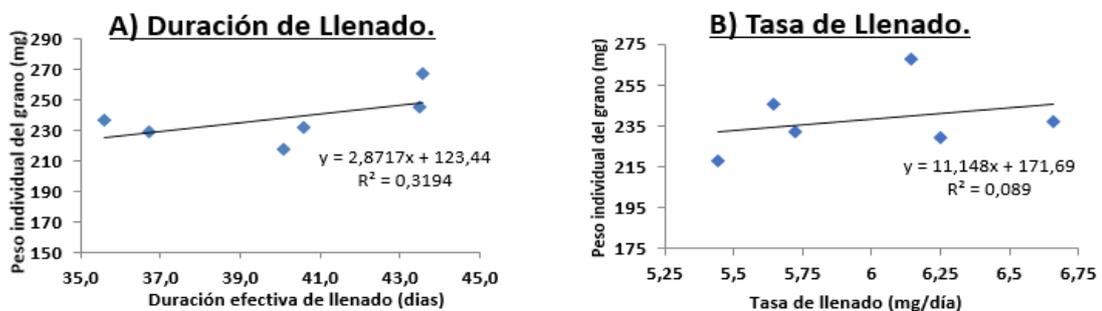


Figura 8. Relación del Peso individual del grano con la duración de llenado y tasa de llenado efectiva, respectivamente. A y B. Líneas de tendencia para cada relación con su correspondiente R<sup>2</sup> y la función que la define.

En resumen, relaciones fuente/destino desbalanceadas al igual que la disponibilidad de recursos, pueden alterar tanto la tasa como la duración del llenado de granos. Alteraciones en la duración del llenado tuvieron mayor influencia en el peso final del grano (Figura 8, A y B).

## **CONCLUSIÓN:**

- El cambio en la densidad de siembra o las modificaciones en la dosis de nitrógeno no tuvieron un efecto aparente sobre el componente número de hojas ni en su tasa de aparición.
- Tanto el aumento en la densidad de siembra como la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz, favorecen la intercepción de la radiación, obteniendo picos más altos y en menor tiempo.
- Para el híbrido evaluado, las características edáficas del lote y las condiciones climáticas de la campaña 2016/2017, utilizando densidades de 6 plantas/m<sup>2</sup>, no se observaron respuestas del rendimiento a la fertilización nitrogenada.
- El mayor rendimiento se obtuvo en la densidad de 8 pl./m<sup>2</sup> con 100 kg de Urea/ha. a la siembra. La utilización de una mayor dosis de nitrógeno obtuvo menor rendimiento debido a un posible déficit hídrico adicional.
- Alteraciones en la duración del llenado efectivo del grano tuvieron mayor influencia en el peso final que la tasa de llenado.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

Andrade F.; Cirilo, A.; Uhart, S y Otegui, M. (1996). Ecofisiología del cultivo de maíz. Editorial La Barrosa.

Balbi, C. N. García P. A., Ferrero, A. R. y Bonilla J. (2006). Calidad de diferentes híbridos de maíz colorado o "flint" para industria en la provincia de Corrientes. Universidad Nacional de Nordeste. Comunicaciones científicas y tecnológicas.

<http://200.45.54.140/unnevieja/Web/cyt/cyt2006/05-Agrarias/2006-A-034.pdf>

Barberis, L. (1983). Análisis de la respuesta del trigo a la fertilización nitrogenada en la pampa ondulada y su predicción. X Congreso Argentino y VIII Latinoamericano de La Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina. 15 p.

Below, F. E. (2002). Fisiología, nutrición y fertilización nitrogenada de maíz. Informaciones agronómicas nº 54. INPOFÓS. Pág. 3-9.

[http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/EED445602FD388C005256F34006A2495/\\$file/Fisiologia,+nutrici%C3%B3n+y+fertilizaci%C3%B3n+nitrogenada+del+ma%C3%ADz.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/EED445602FD388C005256F34006A2495/$file/Fisiologia,+nutrici%C3%B3n+y+fertilizaci%C3%B3n+nitrogenada+del+ma%C3%ADz.pdf)

Binford, G., Blackmer A. y Cerrato M. (1992). Relationships between Corn yields and soil nitrate in Late Spring. Agro. J. 84:53-59

Bundy, L. y Malone E. (1988). Effect of residual profile nitrate on corn response to applied nitrogen. Soil. Sej. Soc. Am. J. 52:1 377-1 382.

Campodónico, F. (2012). Evaluación de rendimientos de maíz en función de distintas densidades de siembra, en el partido de Lima, provincia de Buenos Aires. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. FCA. UNA.

<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluacion-rendimientos-maiz-funcion-densidades.pdf>

Cirilo, A., Andrade, F., Otegui, M., Maddonni, G., Vega, C. y Valentinuz, O. (2012). Ecofisiología del cultivo de maíz. Capítulo 2. En "Bases para el manejo del cultivo de maíz". G. Eyherabide (Ed.). Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires Argentina. 25-52 pp.

[https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_bases\\_para\\_el\\_manejo\\_de\\_maiz\\_reglon\\_100-2\\_2.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bases_para_el_manejo_de_maiz_reglon_100-2_2.pdf)

Cirilo A., Massague A. y Tanaka W. (2003). Influencia del manejo del cultivo en la calidad del grano de Maíz colorado duro. INTA Pergamino. Revista de tecnología agropecuaria. 8(24).

Cordi, M., Uhart, S. A., Echevarría, H. E. y Saint Rozas, H. (1997). Efecto de la disponibilidad de nitrógeno sobre la tasa y duración del llenado de granos en maíz. Unidad Integrada INTA Balcarce-FCA. UNMDP. C.C. 276.

Eyhéabide G. H. (2009). Cadena de valor de maíz. INTA Programa Nacional Cereales. Documento Base. Pág. 4-25.

[https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-documento\\_base\\_del\\_programa\\_nacional\\_cereales.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-documento_base_del_programa_nacional_cereales.pdf)

Fery, R. L. y Janick J. (1971). Response of Corn (*Zea mays* L.) to Population Pressure. *Crop Science Abstract*. Vol. 11 No. 2, pág. 220-224.

Gear J. R. E., (2006). El cultivo del maíz en la Argentina. Serie de Informes Especiales. Recopilación de ILSI Argentina. Volumen II Maíz y Nutrición. Pág. 4-8.

Kiniry, J. R. y Ritchie J. T. (1981). Rates off leaf primordia and tip appearance off different maize genotypes in the field. *Agronomy Journal Abstracts*, pág 12.

Lorens, G.F., Bennett, J.M. y Loggale, L.B. (1987). Differences in drought resistance between two corn hybrids. II. *Agronomy journal Abstract*. Vol. 79 No. 5, p. 802-807.

Maddonni, G. 2009. Fecha de siembra como estrategia de manejo del agua en maíz. XVII Congreso AAPRESID, 195-201.

Martínez Quijano J. (2017). La cadena del maíz Flint y la molienda seca. En *Agropost online*. N° 151. Agosto –septiembre.  
<http://www.cpia.org.ar/agropost/201708/nota2.html>

Muchow, R.C. y Davies R. (1988). Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical enviroment. Radiation interception and biomass acumulation. *Field Crops Research*. Vol II 18:17-30.

Otegui M. (2006). Bases ecofisiológicas para el manejo del agua en cultivos para grano conducidos en secano. En *Manejo del agua en cultivos para grano en condiciones de secano*. *Informaciones Agronómicas* 44, pág. 16-20.  
[http://www.farmresearch.com/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/1E529CCBD7CEFAE48525768800664132/\\$file/16.pdf](http://www.farmresearch.com/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/1E529CCBD7CEFAE48525768800664132/$file/16.pdf)

Padilla, J.M., y Otegui, M.E. (2005). Coordination between leaf initiation and leaf appearance rates in field grown maize (*Zea mays* L.): genotypic differences in response to temperature. *Annals of Botany*, 96:997-1007.

Paliwal R. L. (2001). Los ambientes de cultivo de Maíz. El maíz en los trópicos: mejoramiento y Producción. FAO Roma 2001. Pág. 64-67.  
<https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-maiz-en-los-tropicos.pdf>

Pereyra, A. (2017). Informe maíz Flint. Producción, trazabilidad, y bases de comercialización. *Revista ACAECER*. Año 43 (492), 13-14.  
<http://www.acacoop.com.ar/lacoopacaecer/publicaciones/ACA/492.pdf>

Ritchie, S. & J. J., Hanway. (1982). How a corn plant develops. Iowa State Univ. Technol. Spec. Rep., 48 p.

Schussler J.R., Westgate M.E. (1991). Maize kernel set at low water potential. 1. Sensitivity to reduced assimilates during early kernel growth. *Crop Science* 31, 1189–1195.

Suarez A. y Gomez L. G. 2002. Intercepción de Radiación fotosintéticamente activa como factor determinante de densidad óptima en cultivares de maíz (*Zea mays* L.) INTA  
<https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-radiacion.pdf>

Tollenar, M., Daynard, T. B. y Hunter, R. B. (1979). Effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. *Crop Science*, 19:363-366.

Vallone, P.; Gudelj, V.; Galarza, C.; Masiero, B.; Ferreira, L.; Canale, A. (2011). Ensayo de densidad y distancia de siembra de maíz. *Maíz actualización 2010*. INTA. EEA Marcos Juárez. Pág 11-15.  
<https://es.scribd.com/document/228652851/INTA-ENSAYO-DE-DENSIDAD-Y-DISTANCIA-DE-SIEMBRA-DE-MAIZ-pdf>

Westgate M.E., Boyer J.S. (1985). Carbohydrate reserves and reproductive development at low leaf water potentials in maize. *Crop Science* 25, 762–769.

Yzarra T., W., Trebejo V., I y Noriega N., V. 2010. Evaluación del efecto del clima en la producción y productividad del maíz amarillo duro en la costa central del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Pág 13-14.  
<http://docplayer.es/15539913-En-la-produccion-y-productividad-del-maiz-amarillo-duro-en-la-costa-central-del-peru.html>