

## **PRODUCCION DE BIOMASA, RENDIMIENTO Y COMPETENCIA ENTRE PLANTAS DE MAIZ (*Zea mays L.*) SEGÚN SU VARIABILIDAD TEMPORAL EN LA EMERGENCIA**

### **INTRODUCCION:**

El maíz (*Zea mays L.*), originario de América, representa uno de los aportes más valiosos a la alimentación mundial. Junto con el arroz y el trigo son considerados como las tres gramíneas más cultivadas en el mundo. En Argentina se siembran aproximadamente 2.5 millones de ha de maíz para grano, de las cuales 250 mil pertenecen al departamento de Río Cuarto (S.A.G.P y A, 2007).

Esta es una especie perteneciente a la familia de las gramíneas que no se encuentra en estado silvestre ya que sus individuos son incapaces de sobrevivir en condiciones naturales por no poseer mecanismos adecuados para la dispersión de sus semillas, las que al germinar, por permanecer unidas al marlo producen plantas que compiten severamente entre si, lo que les impide producir nuevas semillas (Galiant, 1988).

La planta de maíz es muy eficiente en la producción de biomasa. De una semilla que pesa alrededor de 300 mg se obtiene, en un lapso de 2,5 meses, una planta de más de 2 m de altura y de alrededor de 70 dm<sup>2</sup> de área foliar. A los 4,5 meses la planta puede alcanzar, en condiciones de cultivo, un peso seco 1.000 veces superior a la semilla que le dio origen. Aproximadamente la mitad de su peso corresponde a órganos reproductivos, lo que lo transforma en uno de los cultivos de mayor rendimiento en grano por superficie. El maíz supera ampliamente a otros cultivos como por ejemplo girasol y soja en producción total de biomasa (Andrade, 1995). Esta alta capacidad de producción se debe, entre otros factores, a una elevada tasa fotosintética, a un bajo valor energético de la materia seca producida y a una adecuada estructura de cultivo.

El maíz presenta poca plasticidad foliar, escasa capacidad de macollaje y poca prolificidad, por lo que su capacidad de compensar a bajas densidades de plantas es reducida. Por otro lado, su alta sensibilidad al estrés le confiere intolerancia al aumento de la densidad de plantas y al atraso en la fecha de siembra (Andrade, 1995).

Para lograr buenos rendimientos se debe partir de una densidad adecuada, uniformidad y rapidez en la emergencia. Debido a la baja plasticidad vegetativa y reproductiva de la especie la uniformidad del stand de plantas es un tema fundamental ya que esto afecta directamente el rendimiento de granos (Andrade y Abbate, 2005).

Al igual que en la mayoría de los cultivos, en maíz existe una estrecha relación entre rendimiento y producción de biomasa aérea, la cual depende de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada por el canopeo. El maíz por su sistema fotosintético (C4) es más eficiente que los cereales de invierno (C3) para convertir radiación en biomasa.

La EUR (eficiencia del uso de la radiación) puede variar con la temperatura (Andrade *et al.*, 1993) y la etapa del ciclo considerada (Otegui *et al.*, 1995). Además se ha determinado que el valor de la EUR en post-floración depende de la relación fuente destino establecida durante el llenado de granos (Borras y Otegui 2001), disminuyendo cuando la relación aumenta y viceversa.

Si se considera un valor de EUR relativamente constante para la mayoría de las condiciones de cultivo (Andrade *et al.*, 1996), se deduce entonces que el incremento en la producción de biomasa por parte del cultivo dependerá fundamentalmente de la duración de su ciclo y de la eficiencia con que capture el recurso luz. A mayores valores de biomasa y un constante índice de cosecha observado (proporción de la biomasa total aérea que se encuentra en los granos a madurez fisiológica) cuando no existen déficits hídricos (Sinclair *et al.*, 1989), ni temperaturas de crecimiento muy bajas (Wilson *et al.*, 1995), determinaría un mayor rendimiento de granos.

Los actuales sistemas de producción de maíz exponen al cultivo a bajas temperaturas durante las primeras etapas (planteos de siembra directa) y a una alta presión de competencia intra-específica (planteos de alta producción). En ambos sistemas se esperaría una desuniformidad en el crecimiento individual de las plantas, debido a la heterogeneidad espacial (por fallas en la emergencia) y temporal (por emergencia desuniforme) de los recursos (Liu *et al.*, 2004) y a la distinta habilidad de los individuos por capturar los recursos escasos (e.g. radiación), que podría condicionar el rendimiento alcanzado (Edmeades y Daynard, 1979 a).

Las semillas de maíz deben ser colocadas a una distancia y profundidad apropiada, para generar plantas uniformes que no compitan entre sí. Uno de los principales requerimientos para una emergencia uniforme en maíz (Nielsen, 2007 a) es una adecuada uniformidad de humedad en la cama de siembra. Cuando la cama de siembra es variable en el contenido de humedad (muy seca vs óptima o muy húmeda vs óptima), la germinación también será variable. Cuando hay estratos comprimidos a veces se impide a las unidades de siembra colocar la semilla tan profunda como se lo desea, los granos colocados a diferentes profundidades pueden experimentar niveles considerablemente diferentes de contenidos de humedad y temperatura en el suelo (Nielsen, 2001).

Maddonni y Otegui (2004), determinaron que dentro de un stand de plantas de maíz conformado por individuos genéticamente idénticos, se establecen jerarquías de individuos (dominados y dominantes) principalmente cuando se producen nacimientos no uniformes. En este sentido es importante destacar que los individuos que crecen desde el estado de plántula con mayor desarrollo sobre los otros, son siempre más grandes y dominantes (Bragachini *et al.*, 2002).

En maíz, el rendimiento está más asociado al número final de granos logrados que al peso de los mismos. La generación de estructuras capaces de dar origen a un grano no es un factor determinante del número final que alcanza a la madurez. Diversos autores (Cirilo y Andrade 1994; Otegui 1997; Otegui y Andrade 2000; Otegui y Melón 1997) han señalado que para lograr aumentos de rendimientos es más importante aumentar la supervivencia de dichas estructuras que el número potencial de granos. Consecuentemente, el análisis de diversos factores determinantes del aborto de dichas estructuras potencialmente aptas para generar un grano es un factor de gran importancia para tener en cuenta en esta especie.

La mayor diferenciación en el crecimiento entre ambos tipos de plantas (dominadas y dominantes), tiene lugar entre V7 y V13 y posteriormente se mantiene hasta madurez fisiológica (Maddonni y Otegui, 2004). Las plantas dominantes fijaron para todas las situaciones analizadas un mayor número de granos que las dominadas.

Se ha determinado que el número de granos (NG) queda establecido en un período de aproximadamente 30 días centrado en la floración, motivo por el cual es definido como el *período crítico*. La incidencia de un estrés hídrico (Grant *et al.*, 1989; Hall *et al.*, 1981; Westgate y Boyer 1986) o lumínico (Fischer y Palmer 1984; Kiniry y Ritchie 1985) provoca mayores mermas en el NG cuando tiene lugar en este período, que coincide con el crecimiento activo de la espiga, la emergencia de estigmas y el inicio de llenado de granos.

La etapa pre “silking”<sup>1</sup> del período crítico determina el número de espigas fértiles por planta (*i.e.* aquellas que expondrán sus estigmas y podrán dar granos cosechables), mientras que en la etapa post “silking” se define el número final de granos (Otegui y Bonhomme, 1998).

El estado fisiológico de cada planta al inicio del período crítico, condiciona su éxito reproductivo, probablemente a través de cambios en la partición de asimilados a la espiga (Pagano y Maddonni, 2005), las plantas dominantes exhiben una mejor partición de biomasa a la espiga que las dominadas (Pagano y Maddonni, 2007). El crecimiento de las plantas durante el período crítico no afecta el desarrollo (*i.e.* morfogénesis de la espiga) sino el crecimiento de las estructuras reproductivas (Otegui y Melón, 1997).

El rendimiento entonces, no estaría limitado por el número potencial de granos (*i.e.* flores fértiles) sino por el aborto de los mismos. El aborto de ovarios fertilizados tardíamente es una importante fuente de reducción del NG en maíz. Un retraso de algunos días en la polinización de los primeros estigmas que emergen permite que los ovarios correspondientes a los estigmas del tercio superior de la espiga alcancen su potencial para fijar granos. El NG puede aumentar significativamente (8 a 31%) cuando se sincroniza la polinización de

---

<sup>1</sup> Silking es sinónimo de floración femenina (R1) Ritchie y Hanway (1997). Consiste en la emergencia de los estigmas por fuera de la envoltura de las chalas de la espiga.

estigmas, tanto entre como dentro de una misma espiga. Estos estudios sugieren que la dinámica de emisión de estigmas, que finalmente afecta la dinámica de polinización (Uribelarrea *et al.*, 2002) y fecundación, podría explicar, al menos parcialmente las diferencias observadas en el número final de granos entre genotipos que crecen sin limitaciones bajo condiciones ambientales similares (*i.e.* con riego y fertilización). Nuevas investigaciones han intentado definir con exactitud el intervalo que debe mediar entre la polinización de los estigmas de aparición temprana y los de aparición tardía para desencadenar los procesos de dominancia entre granos de una espiga conducentes al aborto (Cárcova y Otegui, 2001).

Cuando una deficiente implantación da como resultado un cultivo irregular, las chances de que las plantas de maíz encuentren un exceso o un déficit de recursos aumenta.

La desuniformidad espacial de las plantas a lo largo del surco y la emergencia irregular han sido identificadas como los factores más importantes en la variabilidad de producción de biomasa entre las plantas adultas. Además, se mostró que la variabilidad en la emergencia reduce el rendimiento de granos por la baja fertilidad de las plantas emergidas tardíamente. Las plantas dominantes son potencialmente los individuos más fértiles de la población, y las diferencias entre el número de granos por planta entre las jerarquías extremas se amplifican cuando aumenta el estrés (Maddonni y Otegui, 2006); especialmente en híbridos no tolerantes a altas densidades (Pagano y Maddonni, 2007).

El esfuerzo por maximizar la eficiencia en la producción de maíz por parte de los productores e ingenieros agrónomos a llevado a concentrar la atención en unos factores de producción muy poco tenidos en cuenta hasta en estos últimos años, la calidad de siembra. Una siembra de buena calidad está definida por: una mínima diferencia entre las plantas posibles de obtener y las emergidas y una máxima uniformidad en la separación entre plantas y en el tiempo de emergencia (Maroni y Gargicevuch, 2006). Por estos motivos es necesario implantar el cultivo con buena humedad y temperatura adecuada, ya que variaciones en las mismas puede producir una emergencia desuniforme lo que afectaría el stand de plantas. Ambas condiciones son fundamentales para el cultivo de maíz, ya que este no tiene una gran capacidad de compensar un déficit en el stand de plantas (Andrade *et al.* 1996).

Cuando hay un desfasaje en la emergencia de 10 días se reduce el rendimiento entre el 6 y el 9 % con respecto a emergencias normales. Cuando el desfase es de 21 días se reduce el rendimiento entre el 10 y el 22 % (Nafziger *et al.*, 1991).

El efecto de la desuniformidad de plantas sobre el rendimiento del cultivo de maíz está asociado a la magnitud del déficit o exceso de recursos por individuo (Vega *et al.*, 2001; Andrade y Abbate, 2005). Dentro de ciertos rangos, el rendimiento adicional de las plantas con más recursos (con menor competencia) compensa el menor rendimiento de las adyacentes con menos recursos (con mayor competencia), pero cuando se establecen

jerarquías marcadas entre ellas, las dominadas compiten con desventajas con las vecinas dominantes (Maddonni y Otegui, 2004).

Basándose en la gran importancia que tiene una adecuada calidad de siembra y uniformidad tanto espacial como temporal para maíces de alta producción se ha planteado la siguiente hipótesis y objetivos.

**HIPÓTESIS:**

- La reducción de la producción de biomasa y del rendimiento de grano, por efecto de la desuniformidad temporal en la emergencia, depende de la proporción de plantas afectadas y de la capacidad del material genético de compensar en esas situaciones.

**OBJETIVOS:**

- Evaluar en dos híbridos de maíz como se modifica la producción de biomasa y el rendimiento en grano como consecuencia de la proporción de plantas emergidas con un retraso de 14 días.

## **MATERIALES Y MÉTODOS:**

El presente estudio se realizó durante la campaña 2006/2007, en condiciones de secano, en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto (U.N.R.C), situado en la ciudad de Río Cuarto, provincia de Córdoba (República Argentina), sobre la Ruta Nacional N° 36, km 601 (Latitud Sur de 33° 07', Longitud Oeste de 64° 14', y a 421 m.s.n.m.).

El lote sobre el cual se desarrolló el ensayo tuvo como antecesor un cultivo de soja, previo a la siembra se realizó una aplicación de glifosato (3 l ha<sup>-1</sup>) para tener un lote libre de malezas que pudieran generar competencia al cultivo.

La siembra se realizó el día 14 de diciembre de 2006 con sembradora neumática de nueve surcos en siembra directa, a una velocidad de 4 km h<sup>-1</sup>, siendo ésta menor a la velocidad normal debido a la necesidad de asegurar la perfecta distribución espacial e igual profundidad de las semillas, la orientación de los surcos fue de este a oeste en todas las parcelas. Se sembró una densidad de 72000 semillas ha<sup>-1</sup> y se fertilizó a razón de 100 kg ha<sup>-1</sup> con fosfato diamónico (FDA) (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> HPO<sub>4</sub> 18-46-0 al momento de la misma.

Se sembraron dos híbridos simples, Dekalb DK 615 y Nidera AX 877 (Cuadro 1). La selección de los materiales se basó en la diferente capacidad que tienen los mismos de compensar ante situaciones de competencia interespecífica, de acuerdo a resultados previos obtenidos por la cátedra de cereales UNRC (AX 877) y mediante información provista por el semillero Monsanto SA (DK 615).

**Cuadro 1:** Características de los híbridos evaluados

	AX 877	DK 615
Tipo de híbrido	Simple modificado	Simple
Tipo de grano	Semi-dentado	Duro-Colorado
Color de marlo	Rojo	Rojo
Tiempos térmicos en unidades térmicas Emergencia-Floración	740	690
Tiempos térmicos en unidades térmicas: Floración-Madurez Fisiológica	810	723
Días estimados desde emergencia a madurez fisiológica para una siembra en fecha normal y temperatura base de 8°C para la zona de Venado Tuerto	119	113
Vigor inicial	Bueno	Bueno
Adaptabilidad a labranza cero	Muy Bueno	Muy Bueno
Adaptabilidad a hileras angostas	Excelente	Muy Bueno
Altura de planta	Mediana-Baja	Mediana
Altura de inserción de espigas	Baja	Baja-media
Tolerancia a MRCV	Tolerante	Alta tolerancia
Plantas a cosecha recomendadas	70,000-75,000	70,000-75,000
Nº de hileras de grano	16-18	18
Peso de mil granos (g)	330	311

Para evitar déficit de nitrógeno se realizó una re-fertilización con 200 l ha<sup>-1</sup> de mezcla comercial Sol Mix (80/20) (26.8% N y 6.7% S) en estado fenológico V4 (Ritchie y Hanway 1997).

El 27 de diciembre de 2006 (14 días posteriores a la siembra) se realizó el raleo y resiembra manual en forma aleatoria del 15, 30 y 45 % de la población, quedando definidos los cuatro tratamientos. Los siete surcos centrales de una parcela recibieron el mismo tratamiento de resiembra, mientras que los externos se dejaron de bordura.

Los diferentes planteos de resiembra determinaron los siguientes tratamientos para cada híbrido (Cuadro 2).

**Cuadro 2:** Tratamientos analizados en el ensayo

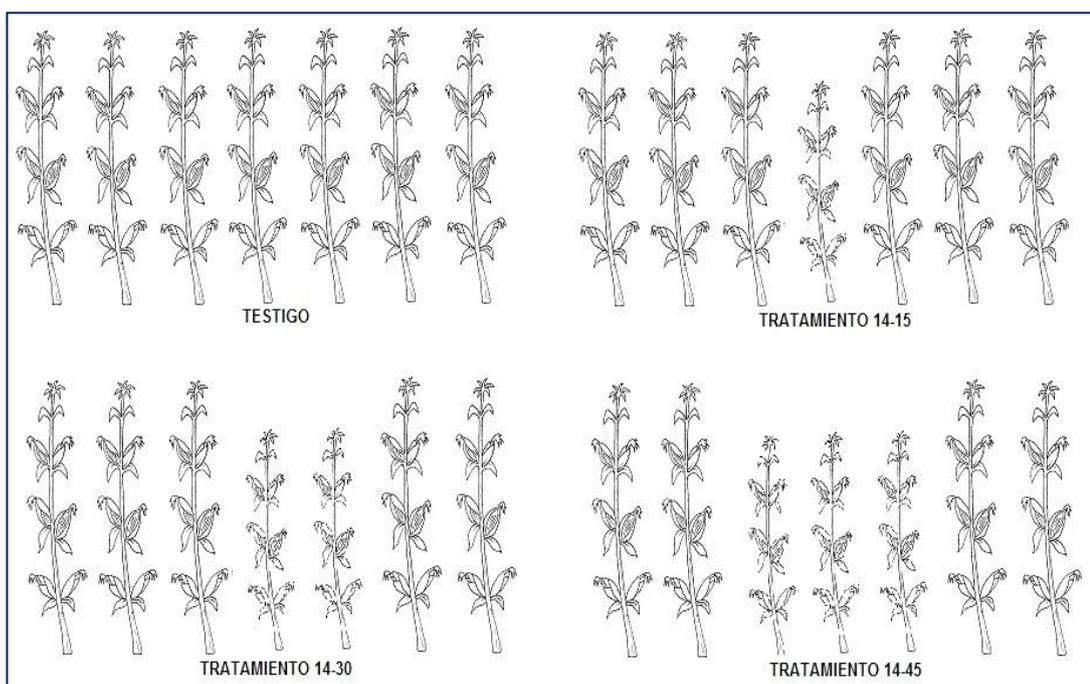
Tratamiento 0	Testigo uniforme sembrado en fecha óptima.
Tratamiento 1	15% sembrado 14 días después de T 0
Tratamiento 2	30% sembrado 14 días después de T 0
Tratamiento 3	45% sembrado 14 días después de T 0

Para el posterior control de malezas se realizaron diferentes tratamientos según la genética de cada híbrido. Al Nidera AX 877 se le aplicó a razón  $1 \text{ l ha}^{-1}$  de Pívor (Imazethapyr) y al Dekalb DK 615,  $120 \text{ g ha}^{-1}$  de Equip (Foramsulfurón 30% + Iodosulfurón 2%).

El cultivo llegó al estado fenológico R1 (floración) (Ritchie y Hanway 1997) el día 9 de febrero de 2007, a madurez fisiológica (R6) el día 7 de mayo, realizándose la cosecha el día 10 de julio del mismo año al contenido de humedad en grano del 14,5%.

El diseño experimental se realizó en bloques completos aleatorizados, con un arreglo espacial en parcelas divididas, siendo el híbrido el factor principal y el porcentaje de plantas nacidas 14 días después el factor secundario. Se utilizaron tres repeticiones espaciales por tratamiento. El tamaño de cada parcela fue de 9 (nueve) surcos a 0.525 metros de distancia entre cada uno (4.725 metros) por 40 metros de largo.

En cada fecha de muestreo se evaluaron plantas en competencia perfecta, para eso se seleccionaron 7 plantas consecutivas que incluían las plantas raleadas y sus vecinas para poder observar y comparar el comportamiento en cuanto a la competencia intraespecífica entre distintas proporciones de raleo y entre híbridos (Figura 1).



**Figura 1:** Esquematización de tratamientos analizados.

Todas las evaluaciones fueron realizadas en cada una de las plantas muestreadas, identificando su posición relativa dentro del surco.

En cada planta se realizaron las siguientes mediciones:

- Biomasa aérea seca total en floración y en madurez fisiológica: R1 y R6, respectivamente, según escala Ritchie y Hanway (1997) (kg de materia seca M.S. ha<sup>-1</sup>). Las plantas se cortaron al ras del suelo por encima del primer nudo aéreo, se trozaron y secaron en estufa de circulación forzada de aire a 105° C hasta peso constante y se pesaron por separado hojas, tallos, espigas y panojas.
- Rendimiento de granos al 14,5 % de humedad y componentes del rendimiento (número de granos y peso de mil granos). Se determinó como productividad por planta y por superficie.

Para caracterizar el ambiente de producción se tomó la humedad del suelo de 0-20 y de 20 a 100 cm de profundidad, a la siembra. Para diagnosticar las dosis requeridas de nitrógeno y fósforo se utilizó el modelo de diagnóstico NP-ZEA (Gesumaría *et al.*, 2000) con los datos de suelo y clima que requiere el mismo para su funcionamiento.

#### **Caracterización climática de la región:**

La región presenta un clima templado subhúmedo, con régimen pluviométrico tipo monzónico, concentrando más del 80% de las lluvias en el semestre cálido. La precipitación media anual es de 801 mm (Serie 1976 - 1993) (Seiler *et al.*, 1995).

El régimen térmico es templado - mesotermal. La temperatura media del mes más cálido (Enero) es 23°C y 9,1°C la del mes más frío (Julio), con una media anual de 16,5°C y una amplitud térmica media anual de 13,9°C, (Serie 1974 - 1993). La fecha media de la primera helada meteorológica (temperatura del aire igual o menor a 0°C registrada en el abrigo meteorológico a 1,5m de altura) es el 25 de mayo ( $\pm 14,3$  días), mientras que la fecha extrema de la primera helada el 29 de abril. Asimismo la fecha media de la última helada es el 12 de septiembre ( $\pm 20,3$  días), con una fecha extrema de última helada el 4 de noviembre. Esto indica que el período libre de helada alcanza una amplitud media de 256 días. Sin embargo, considerando las heladas extremas, tempranas y tardías, estos períodos se reducirían a 176 días (Seiler *et al.*, 1995).

Los vientos prevalecen frecuentemente del N y NE y su mayor velocidad se registra durante el periodo comprendido entre fines de agosto y octubre (Fabricius y Rotondo, 1993).

El granizo es un fenómeno que se presenta normalmente en el período estival.

Los datos diarios de las variables climáticas necesarias para el estudio [temperaturas máximas y mínimas del aire (°C), precipitaciones (mm) y radiación solar (MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>)]

fueron obtenidos de la Estación Agrometeorológica de la UNRC ubicada en el mismo campo experimental y en la vecindad de las parcelas experimentales.

### Caracterización de los suelos de la región:

La Región Sur de la Provincia de Córdoba se caracteriza por presentar una gran variabilidad en el tipo de suelos. En general, se encuentran suelos livianos con importantes porcentajes de arena (franco arenosos, francos y arenosos francos) alternando en muchos casos con suelos más pesados. El elevado porcentaje de arena determina una alta susceptibilidad a la erosión eólica y si bien son suelos profundos, presentan una baja capacidad de retención hídrica. La gran variabilidad de los suelos también se manifiesta en la capacidad de intercambio catiónico, en el porcentaje de materia orgánica, en los niveles de Nitrógeno total y Fósforo asimilable, entre otros nutrientes. Dicha variabilidad en los suelos también se manifiesta dentro de un mismo campo y aún dentro de un mismo lote (Tellería, 2002).

El relieve es normal, ondulado a muy suavemente ondulado, con pendientes medias y largas con distinto grado de complejidad y gradientes entre 1 al 3% (Cantero *et al.*, 1986). El suelo en el que se llevó a cabo el ensayo es un Hapludol típico, con textura franco arenosa muy fina (46% de limo, 42% de arena y 12% de arcilla), 2% de materia orgánica y un pH de 6,5 (Cuadros 3 y 4).

**Cuadro 3:** Descripción del perfil de suelo del campo experimental UNRC.

Horizontes	Profundidad (mm)	Da (gr.cm <sup>-3</sup> )	Wc (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	Wm (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )	ΔW (cm <sup>3</sup> .cm <sup>-3</sup> )
A1	0 - 50	1,23	25,49	10,44	15,04
A2	51 - 200	1,32	28,67	14,34	14,34
Bw1	201 - 360	1,36	30,18	14,12	16,06
Bw2	361 - 600	1,26	24,71	11,45	13,26
BC	601 - 810	1,26	22,54	10,19	12,35
C	811 - 990	1,26	23,34	9,99	13,34

**Da**, densidad aparente del suelo. **Wc**, contenido volumétrico de agua a -0,3bares.

**Wm**, contenido volumétrico de agua a -15 bares. **ΔW**, contenido volumétrico de agua útil.

**Cuadro 4:** Características químicas del suelo del campo experimental de la UNRC.

	<b>A (0-14 cm)</b>	<b>Bw1 (14-35 cm)</b>	<b>Bw2 (35-49 cm)</b>
Materia orgánica (%)	1,87	1,56	0,90
Fósforo (ppm)	19,00	10,50	6,00
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	13,50	11,30	7,45
S-SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (ppm)	23,10	31,68	4,22
pH	6,10	6,15	6,00

*pH* (Potenciometría 1/ 2,5). *MO*, materia orgánica (Walkley Black). *P*, Fósforo disponible (Kurtz y Bray I). *N-NO<sub>3</sub>*, nitrógeno de nitratos (Reducción por Cadmio). *S-SO<sub>4</sub><sup>=</sup>*, Azufre de sulfatos (turbidimetría).

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

En cada determinación se tomó el valor promedio de las siete plantas evaluadas como base 100 y se calculó el valor relativo de cada planta de acuerdo a su posición en el surco, a su vez se promediaron los valores de las tres plantas de la misma posición en las diferentes repeticiones (bloques). De este modo se observó el grado de competencia y compensación entre las plantas.

$$BMR = \frac{BI}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n BI}$$

Donde:

*BMR*: es la biomasa de tallo, hojas y panojas, relativa al promedio de las 7 plantas.

*BI*: es la biomasa de tallo, hojas y panojas, de cada planta.

Para realizar el análisis estadístico ANAVA se calculó el coeficiente de variación de las 7 plantas en cuestión de cada bloque y de cada tratamiento, de todas las partes de la planta.

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$$

Siendo *S*, el desvío estándar de las 7 plantas evaluadas y  $\bar{X}$  el promedio

Para determinar el rendimiento se cosecharon a mano 7 plantas consecutivas incluidas las retrasadas y se tomó el área dentro de la cual estaban.

$$RG = \frac{RI}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n RI}$$

Donde:

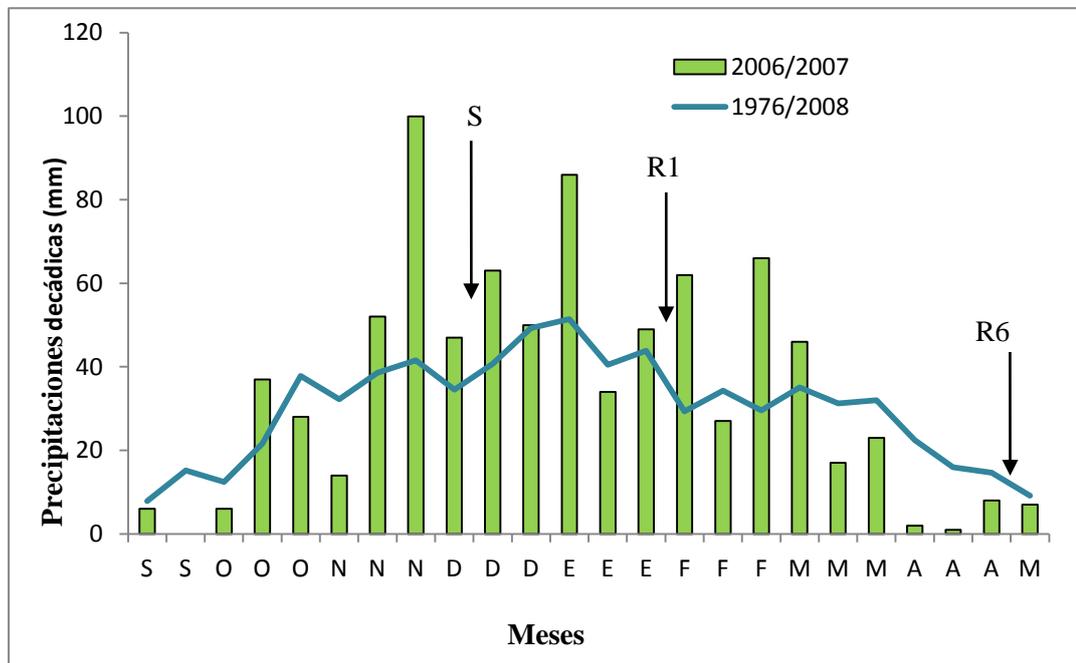
*RG*: es el rendimiento en granos por superficie de las 7 plantas analizadas.

*RI*: es el rendimiento individual de cada planta.

Los resultados fueron comparados mediante el análisis de varianza y separación de las medias por el test de LSD Fisher al 5% para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos. Se realizaron análisis de correlación y regresión entre variables estudiadas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

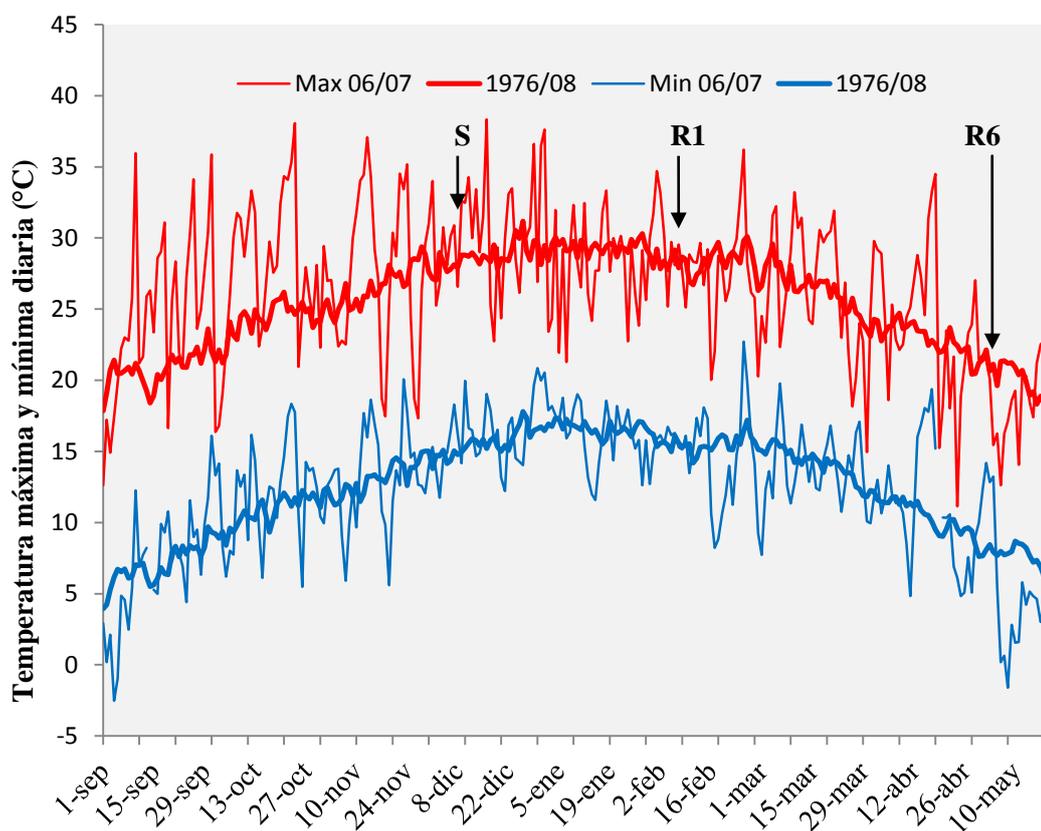
Uno de los principales factores que generan gran variabilidad interanual de rendimiento en los cultivos de maíz en secano en la región Centro Sur de Córdoba es debido a las precipitaciones ocurridas en el período durante su crecimiento. El maíz es una de las especies que tiene mayores requerimientos hídricos; se alcanzan consumos de 400 a 700 mm durante el ciclo dependiendo de las condiciones ecológicas (Andrade *et al.*, 1996). Para la zona núcleo maicero se han reportado valores de 575mm en siembras de octubre (Totis de Zeljkovich y Rebelo, 1980). Los déficits hídricos pueden reducir el rendimiento por efectos sobre el stand de plantas, área foliar, radiación interceptada, aceleración de la senescencia, esterilidad, y llenado de granos (Edmeades *et al.*, 2000). En cuanto a las precipitaciones registradas en el campo experimental de la UNRC (832mm), durante el período comprendido desde el 10/07/2006 al 20/05/2007 fueron mayores que la media histórica 1976/2008 (767mm). Más específicamente desde la siembra hasta madurez fisiológica (14/12/2006- 07/05/2007), los registros de lluvias (541 mm) estuvieron siempre por encima de la media histórica (479 mm) dentro del mismo período. Por lo expresado anteriormente se puede decir que el cultivo se ha podido desarrollar durante todo su ciclo sin déficits hídricos. A continuación se presenta un gráfico con las precipitaciones históricas y las del ciclo del cultivo 2006-2007 (Figura 2).



**Figura 2:** Precipitaciones medias históricas serie 1976-2008 (línea celeste), con respecto a las de la campaña 2006-2007 (barras verdes). **S** indica la fecha de siembra, **R1** floración y **R6** la madurez fisiológica según Ritchie y Hanway (1997).

La temperatura anual media máxima del aire fue 26,5 °C, 1°C por encima de la media máxima histórica (25,5 °C), no registrándose variaciones en cuanto a la media mínima, con respecto a la histórica (12,5°C). Dentro del período de crecimiento del cultivo (14/12/2006-07/05/2007), las temperaturas medias máximas y mínimas fueron similares a las históricas (26.7 °C y 14.5 °C, respectivamente) y no se registraron variaciones en cuanto a la amplitud térmica, siendo la misma de 12.6 °C igual que los valores históricos registrados (serie 1976-2008) (Figura 3).

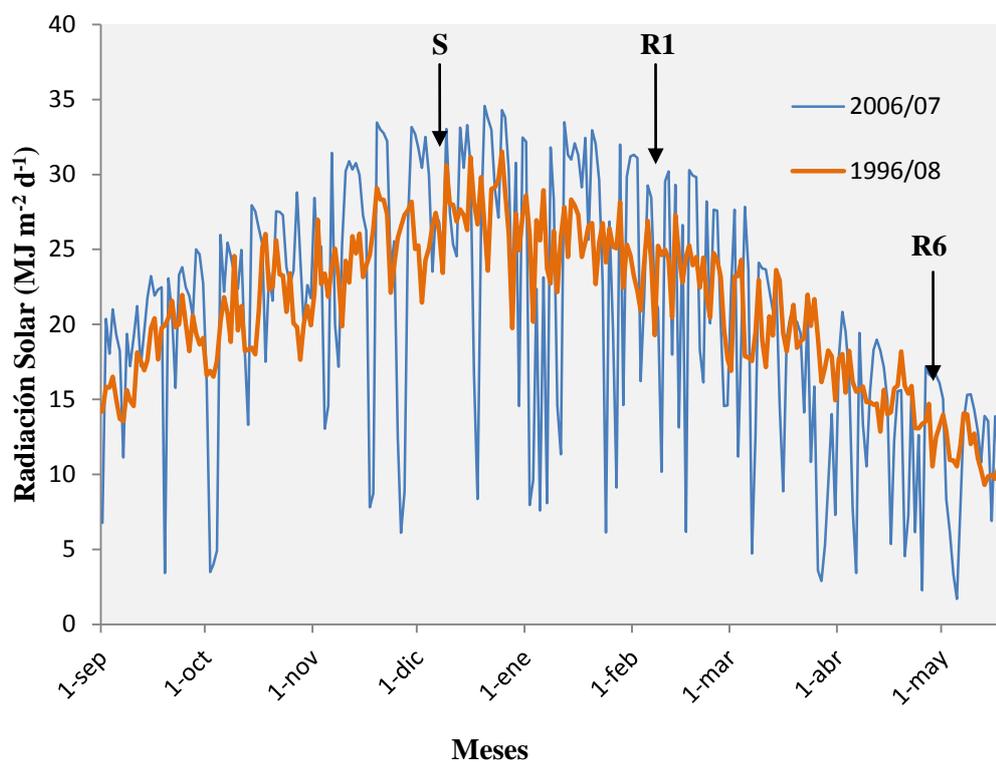
La fotosíntesis es función de la temperatura diurna, mientras que el desarrollo lo es de la temperatura diurna y nocturna, lo ideal para el maíz es contar con una gran amplitud térmica lo cual brinda un ambiente para lograr altos rendimientos ya que el cultivo crecería con altas temperaturas diurnas, maximizando la tasa fotosintética, a bajas temperaturas nocturnas se prolongaría el período de crecimiento, posibilitando al cultivo disponer de más días de fotosíntesis entre dos eventos fenológicos dados (Andrade *et al.*, 1996).



**Figura 3:** Evolución de las temperaturas a lo largo de la temporada del cultivo de maíz. Las líneas de color rojo indican máximas y las azules mínimas, líneas gruesas indican valores históricos (serie 1976-2008) y las más angostas los valores de la campaña de estudio (2006-2007). *S* indica la fecha de siembra, *R1* floración y *R6* la madurez fisiológica según Ritchie y Hanway (1997).

En cuanto a la radiación solar media obtenida durante el ciclo del cultivo (14/12/2006- 07/05/2007) fue de  $19,69 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ,  $1,55 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  menos que la media histórica 1996/2008 ( $21,24 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ). Representando durante todo el período  $225,25 \text{ MJ m}^{-2}$  menos de radiación posible de interceptar.

La radiación interceptada provee de energía para la fijación fotosintética de  $\text{CO}_2$ , cuanto mayor es la radiación solar incidente diaria durante el ciclo del cultivo, mayor es el crecimiento, y por lo tanto, el rendimiento (Muchow *et al.*, 1990). Éste es un factor que se ha visto afectado negativamente en esta campaña debido a la mayor cantidad de días nublados (Figura 4).



**Figura 4:** Evolución de la radiación solar durante la campaña 2006-2007 con línea azul y valores medios históricos con rojo serie 1996-2008. **S** indica la fecha de siembra, **R1** floración y **R6** la madurez fisiológica según Ritchie y Hanway (1997).

## Análisis de resultados en estadío R1

Como se puede observar en el Cuadro 5, la interacción entre el híbrido y la proporción de plantas nacidas 14 días post siembra no fue significativa en ninguno de los componentes de la biomasa ni en la biomasa total.

**Cuadro 5: Coeficiente de variación porcentual de la producción individual de biomasa de plantas de maíz en R1. Río Cuarto, Argentina durante la campaña 2007-2008**

Variables	Tallo	Hoja	Panoja	Biomasa total
Híbrido				
DK 615	54 a	41 a	58 a	50 a
AX 877	49 a	35 a	57 a	44 a
DMS	0.12315	0.07833	0.12262	0.09127
% de Desuniformidad				
0%	18 a	13 a	23 a	15 a
15%	41 b	33 b	46 b	39 b
30%	59 c	48 c	65 c	56 c
45%	89 d	57 d	95 d	78 d
DMS	0.08443	0.11214	0.06514	0.08252
Híbrido*% Desunif.	0.1939	0.7935	0.0580	0.2698
CV	12.95	27.35	9.00	14.01

Letras diferentes indican diferencias significativas para LSD Fisher ( $P < 0.05$ ).

**Nota:** *DMS*: Diferencia mínima significativa. *CV*: coeficiente de variación, es un porcentaje expresado como tal. *Híbrido\*% de Desuniformidad*: interacción entre híbrido y tratamientos.

Entre los dos híbridos en estudio no se registraron diferencias significativas, pero sí se observaron diferencias entre los cuatro tratamientos planteados, en todos los componentes de la planta (tallos, hojas, panoja y biomasa total), siguiendo el orden 45% > 30% > 15% > Testigo. La magnitud de las diferencias encontradas en biomasa total producida se ubicó en alrededor del 420% entre el tratamiento con el 45% de plantas retrasadas y Testigo; 273% entre 30% de plantas retrasadas y el Testigo y 160% entre 15% de plantas emergidas tardíamente y el Testigo.

Tal como lo plantearon Maddonni y Otegui (2004) dentro del stand de plantas de maíz conformado por individuos genéticamente idénticos, se establecieron las jerarquías de individuos dominantes y dominados, cuando los nacimientos no fueron uniformes. Estas jerarquías establecidas desde muy temprano en el ciclo de cultivo hacen que las plantas no

tengan la misma capacidad de competir ante recursos escasos y condiciona el rendimiento alcanzado como lo establecieron Edmeades y Daynard (1979).

En el Cuadro 6 se presentan los valores de la producción de biomasa total y particionada de los diferentes tratamientos e híbridos. En cuanto a la relación híbrido-tratamiento no se observó interacción estadísticamente significativa. En el análisis de la biomasa particionada (hojas, tallos y panojas) tampoco se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los dos híbridos analizados, excepto en espigas debido a la diferencia de ciclo de los mismos (Tiempos térmicos de emergencia a floración: 740 °C día para el AX 877 y 690 °C día para el DK 615) y al realizarse la medición el mismo día (por cuestiones operativas), no se encontraban ambos en igual estadio fenológico, por lo cual el peso de la espiga afectó incrementando el valor total de biomasa producida por planta para el DK 615 (ya que presentaba mayor desarrollo). En cuanto a los 4 tratamientos analizados en este ensayo se puede apreciar que entre el testigo y el tratamiento 1 (15% de plantas emergidas 14 días posteriores) no se observan diferencias estadísticamente significativas, pero cuando las plantas emergidas con 14 días de retraso fueron desde el 30 al 45% de la población (T3 y T4) se redujo de forma importante la producción de biomasa tanto particionada como total.

**Cuadro 6: Producción de biomasa particionada en diferentes órganos y total en R1 (g m<sup>-2</sup>). Río Cuarto, Argentina durante la campaña 2007-2008**

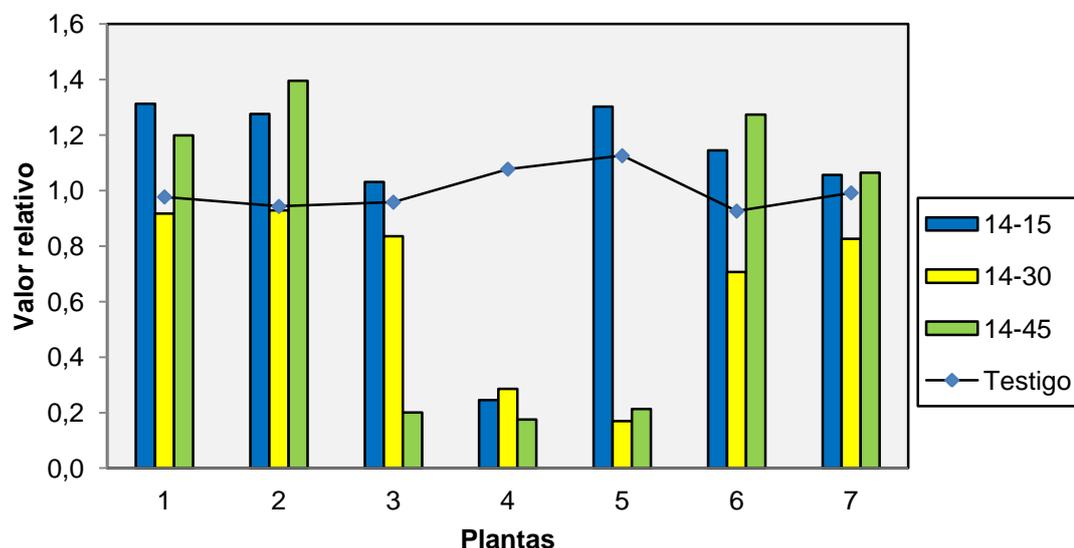
Variables	Tallo	Hoja	Panoja	Espigas	Total
<b>Híbrido</b>					
DK 615	398.53 a	238.89 a	16.06 a	183,53 b	837.01 b
AX 877	347.27 a	195.28 a	15.55 a	21,79 a	579.89 a
DMS	81.72912	72.2798	2.65	3,78	187.32
<b>% de Desuniformidad</b>					
Testigo	435.44 b	250.17 b	18.67 b	123,29 a	827.57 b
15%	433.94 b	239.91 b	18.44 b	120,53 a	812.82 b
30%	332.73 a	184.67 a	14.76 ab	92,16 a	624.32 a
45%	289.48 a	193.60 a	11.36 a	74,67 a	569.11 a
DMS	91.5679	43.4051	4.3502	2.55	151.25
Híbrido*% Desunif.	0.6005	0.3282	0.75	0.2265	0.2689
C.V	19.52	15.89	21.88	23.17	16.97

Letras diferentes indican diferencias significativas para LSD Fisher (P<0.05).

**Nota:** *DMS*: Diferencia mínima significativa. *CV*: coeficiente de variación, es un porcentaje expresado como tal. *Híbrido\*% de Desuniformidad*: interacción entre híbrido y tratamientos.

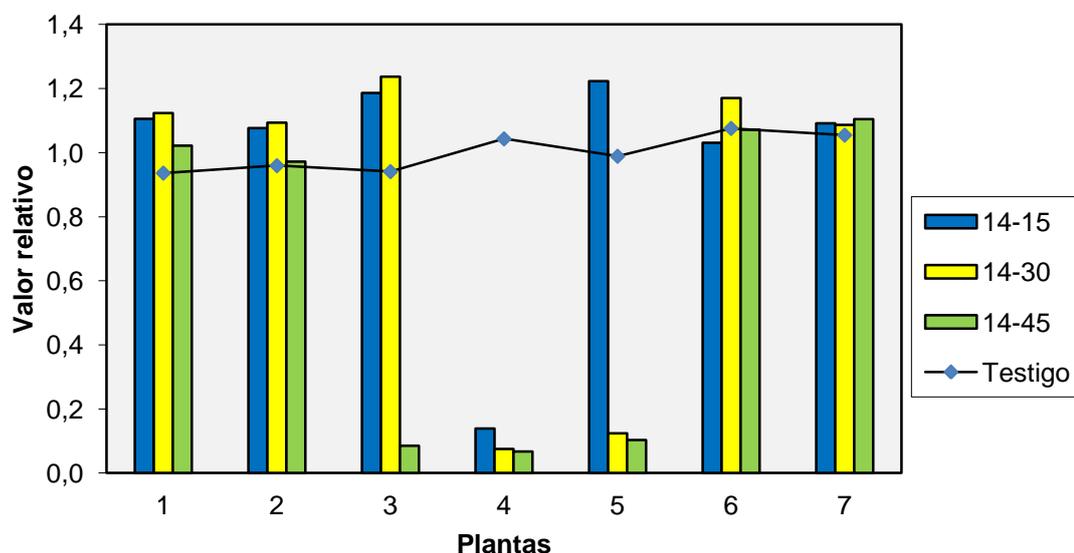
Para poder analizar la competencia intra-específica y compensación de las plantas emergidas a tiempo y las emergidas 14 días más tarde se confeccionaron las figuras 5, 6 y 7.

Las Figuras 5y 6 muestran los valores de las 7 plantas consecutivas analizadas para los diferentes tratamientos.



**Figura 5:** Materia seca producida por el híbrido AX 877 hasta R1.

**Nota:** el primer número de la leyenda indica los 14 días de retraso en la emergencia y 15, 30, y 45 el porcentaje de la población afectada. Los valores están expresados relativos a la media del testigo tomado como base 100.

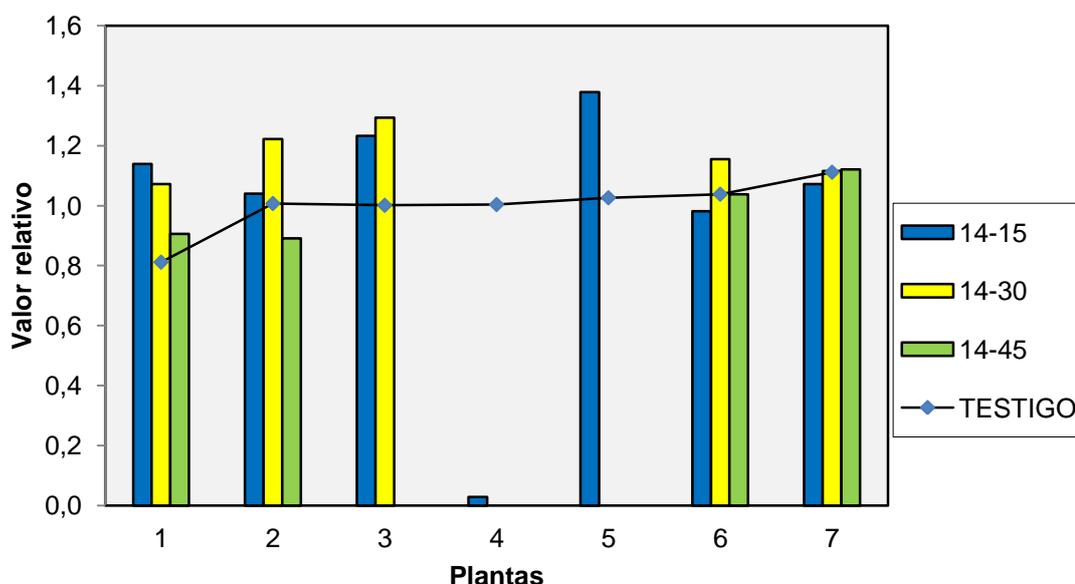


**Figura 6:** Materia seca total acumulada por el híbrido DK 615 hasta R1.

**Nota:** el primer número de la leyenda indica los 14 días de retraso en la emergencia y 15, 30, y 45 el porcentaje de la población afectada. Los valores están expresados relativos a la media del testigo tomado como base 100.

En las Figuras 5 y 6 se puede observar claramente el grado de compensación por las plantas adyacentes a las retrasadas produciendo mayor materia seca, y las dominadas con una producción de biomasa total muy por debajo de las del tratamiento testigo. En el tratamiento que se raleó y resembró sólo el 15% de las plantas la única afectada es la número 4, para el tratamiento 2 (14-30) las retrasadas fueron las plantas 4 y 5 y para el tratamiento con 45% de plantas emergidas tardíamente las afectadas fueron la 3, 4 y 5.

También hay diferencias en la producción de las plantas dominadas entre los dos híbridos, mostrando una mayor dominancia en el Dekalb que en Nidera. En el caso de este último, las plantas retrasadas en todos los tratamientos alcanzan el 20% de la producción media del testigo, en cambio en el Dekalb apenas alcanzan el 10% de la producción media del testigo. Hasta este estadio fenológico se observa una mayor compensación en el híbrido Nidera AX 877, ya que su producción se ve menos afectada por este tipo de desuniformidad.



**Figura 7:** Materia seca total acumulada en espigas relativa al testigo en los diferentes tratamientos del híbrido DK 615 hasta R1.

**Nota:** el primer número de la leyenda indica los días de retraso en la emergencia (14) y 15, 30, y 45 el porcentaje de la población afectada. Los valores están expresados relativos a la media del testigo tomado como base 100.

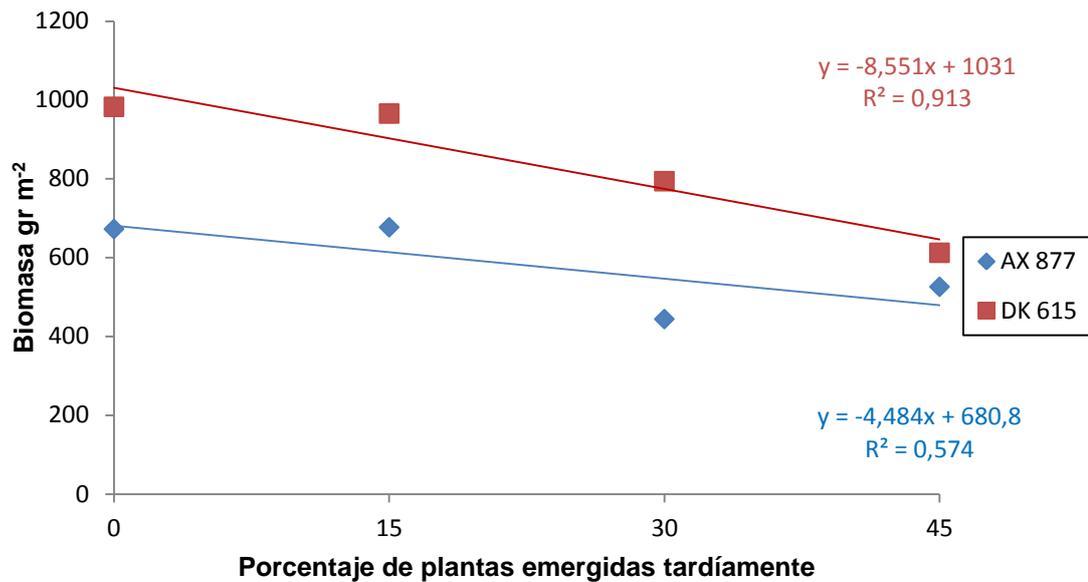
Como lo demostraron Pagano y Maddonni (2007), las jerarquías establecidas desde temprano en el cultivo de maíz condicionan el posterior crecimiento de las plantas dominadas y la partición de biomasa a las espigas en el período alrededor de R1 (silking). Además, la baja tasa de crecimiento de la espiga durante el período pre y pos silking de las

plantas dominadas generó un intervalo entre antesis-silking más largo y mayor asincronía con las plantas establecidas tempranamente.

Para el tratamiento 14-15, en el cual 1 de cada 7 plantas emergió 14 días posteriores a las normales, en la Figura 7, la número 4, sólo logró formar una espiga pequeña comparada con las adyacentes. Para el tratamiento 14-30, las plantas dominadas son la 4 y 5 y el tratamiento 14-45 en el cual las dominadas son la 3, 4 y 5 ni siquiera lograron producir una espiga en el DK 615. Esto es un indicador de la pérdida de espigas formadas por hectárea cuando las plantas son dominadas, lo cual impacta en el rendimiento final del cultivo. Este mismo análisis no pudo realizarse para el AX 877, ya que el mismo presentaba espigas demasiado pequeñas al momento de la toma de datos.

En la Figura 8 se presenta un ajuste lineal de la biomasa total producida hasta el estadio R1. Para el caso del DK 615 hay un alto grado de ajuste  $R^2 = 0.91$ , y un valor de  $y = -8,551$ , esto indica que por cada unidad porcentual de plantas retrasadas 14 días en la emergencia estamos perdiendo de producir  $8,551 \text{ gr m}^{-2}$ , por lo tanto si el porcentaje de plantas retrasadas 14 días es del 45% se estarían perdiendo de producir  $3847 \text{ kg ha}^{-1}$  o aproximadamente un 38% de materia seca hasta R1.

Para el caso del híbrido Nidera AX 877 el ajuste no es tan alto como para el híbrido anterior y en cuanto a la caída de producción de biomasa es menor que para el DK 615, al menos hasta este estadio, lo cual estaría indicando una mayor compensación en el híbrido AX 877 a estas fallas de emergencia.



**Figura 8:** Biomasa total producida ajustada linealmente hasta R1 por el híbrido Dekalb 615 con rojo y el Nidera 877 con azul y porcentaje de plantas retrasadas 14 días en las ordenadas.

Estos datos dan valores de pérdidas hasta R1 mucho más importantes que lo que reporto Nafziger *et al.* (1991), dado que cuando hay un desfasaje en la emergencia de 10 días estos autores encontraron reducciones del rendimiento a cosecha entre el 6 y el 9 % con respecto a emergencias normales. Cuando el desfase fue de 21 días las reducciones fueron entre el 10 y el 22 %.

### Análisis de resultados en estadio R6

En el Cuadro 7 se puede observar el coeficiente de variación de la producción de materia seca entre plantas. En este caso, al igual que en el estadio analizado anteriormente (R1), los datos no muestran interacción híbrido-tratamiento significativo, como tampoco se observan diferencias significativas de coeficientes de variación entre híbridos, pero sí entre tratamientos. El testigo se diferencia claramente, en todos los componentes de la planta, del resto de los tratamientos, que tienen el 15, 30 o 45% de las plantas de la población dominadas (las cuales emergieron 14 días después que las dominantes). Entre los tratamientos 30% y 45% de plantas emergidas 14 días después que las normales no se evidencian diferencias estadísticamente significativas, pero sí entre estas y el tratamiento 14-15.

**Cuadro 7: Coeficiente de variación porcentual de la producción individual de biomasa de plantas de maíz en R6. Río Cuarto, Argentina durante la campaña 2007-2008**

Variables	Tallo	Hoja	Espiga	Total	Grano 14.5 % H
Híbrido					
DK 615	47 a	42 a	44 a	42 a	44 a
AX 877	38 a	34 a	39 a	37 a	39 a
DMS	0.30714	0.24818	0.26334	0.26633	0.26334
% de Desuniformidad					
Testigo	18 a	21 a	13 a	11 a	13 a
15%	38 b	39 b	40 b	38 b	40 b
30%	57 c	50 b	59 c	56 c	59 c
45%	58 c	43 b	55 b c	53 c	55 b c
DMS	0.11217	0.10962	0.17335	0.15271	0.17335
Híbrido*% Desunif.	0.1205	0.2040	0.2642	0.2123	0.2642
CV	20.85	22.84	32.93	30.77	32.93

Letras diferentes indican diferencias significativas para LSD Fisher ( $P < 0.05$ ).

**Nota:** *DMS*: Diferencia mínima significativa *CV*: coeficiente de variación, es un porcentaje expresado como tal. *Híbrido\*% de Desuniformidad*: interacción entre híbrido y el tratamiento.

Analizando la biomasa producida hasta madurez fisiológica en los dos híbridos (Cuadro 8) se puede ver que hay diferencia significativa en la producción de biomasa en espiga y por lo tanto en grano (ya que tienen igual relación marlo grano), en este caso el híbrido AX 877 presenta mayor peso de espiga que el DK 615. En el estadio anterior (R1) se presenciaba un mayor peso en espiga del DK 615 debido a que la siembra y posterior toma de muestras se realizaron el mismo día para ambos híbridos, y al ser de diferentes requerimientos térmicos, el Dekalb presentaba mayor desarrollo ante el Nidera. Estas diferencias se fueron diluyendo a medida que avanzó el ciclo del cultivo (desde R1 a R6), y el AX 877 superó al DK 615 en la producción de biomasa de espigas y grano. La mayor producción de biomasa en espigas del híbrido de Nidera se debe a la diferente genética. En este caso tampoco se evidencia interacción entre el híbrido y el tratamiento.

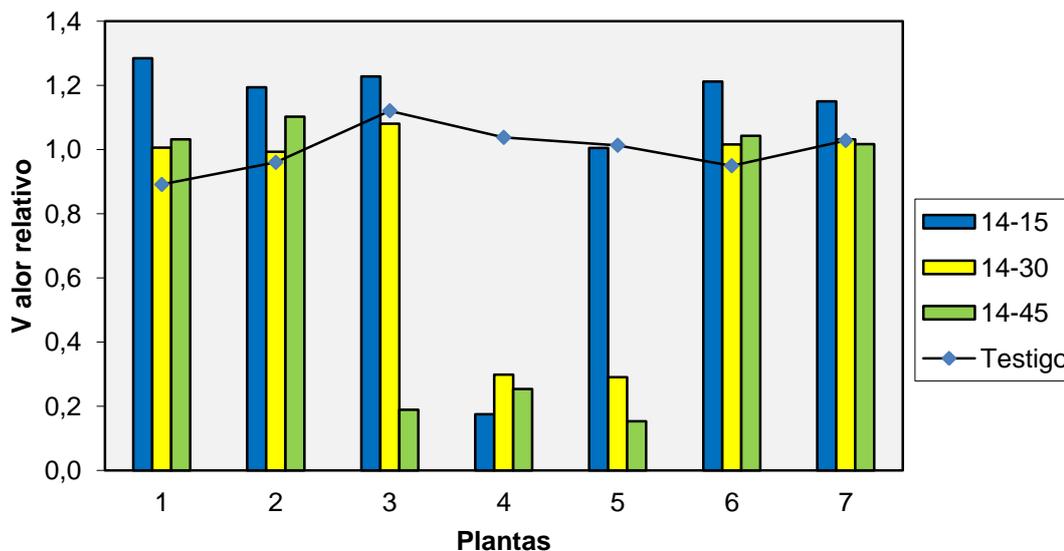
**Cuadro 8: Producción de biomasa particionada en diferentes órganos y total en R6 (g m<sup>-2</sup>). Río Cuarto, Argentina durante la campaña 2007-2008**

Variables	Tallo	Hoja	Espiga	Total	Grano 14.5 % H
Híbrido					
DK 615	406.57 a	155.42 a	1136.78 a	1734.90 a	1097.73 a
AX 877	442.70 a	197.75 a	1358.66 b	1970.61 a	1292.22 b
DMS	120.7780	60.7895	165.0191	328.1674	158.2906
% de Desuniformidad					
Testigo	483.14 b	198.78 a	1341.01 ab	2026.91 b	1284.03 ab
15%	452.32 ba	187.83 a	1367.12 b	2010.58 b	1309.26 b
30%	384.86 a	163.07 a	1135.86 a	1686.92 a	1087.99 a
45%	378.22 a	156.66 a	1148.88 a	1686.61 a	1098.62 a
DMS	77.3457	46.6373	229.4431	303.2120	219.0048
Híbrido*%Desunif.	0.1612	0.3550	0.1541	0.1531	0.1503
CV	14.48	21.00	14.61	13.01	14.57

Letras diferentes indican diferencias significativas para LSD Fisher (P<0.05).

**Nota:** *DMS*: Diferencia mínima significativa *CV*: coeficiente de variación, es un porcentaje expresado como tal. *Híbrido\*% de Desuniformidad*: interacción entre híbrido y el tratamiento.

En cuanto a la biomasa particionada de los diferentes órganos, lo que respecta a hojas no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro tratamientos, esto puede deberse a la caída de hojas bajas, ya que en estadíos anteriores la diferencia estaba claramente marcada. Lo que respecta a los demás órganos de las plantas (Tallos, espigas, granos y biomasa total) no se han evidenciado diferencias significativas entre el tratamiento Testigo y 14-15, pero si hay diferencias entre estos y los tratamientos restantes 14-30 y 14-15. Lo que estaría indicando que hasta con un 15% de plantas retrasadas no hay pérdidas de producción de biomasa significativas, pero cuando éstas se incrementan la producción empieza a decaer considerablemente.



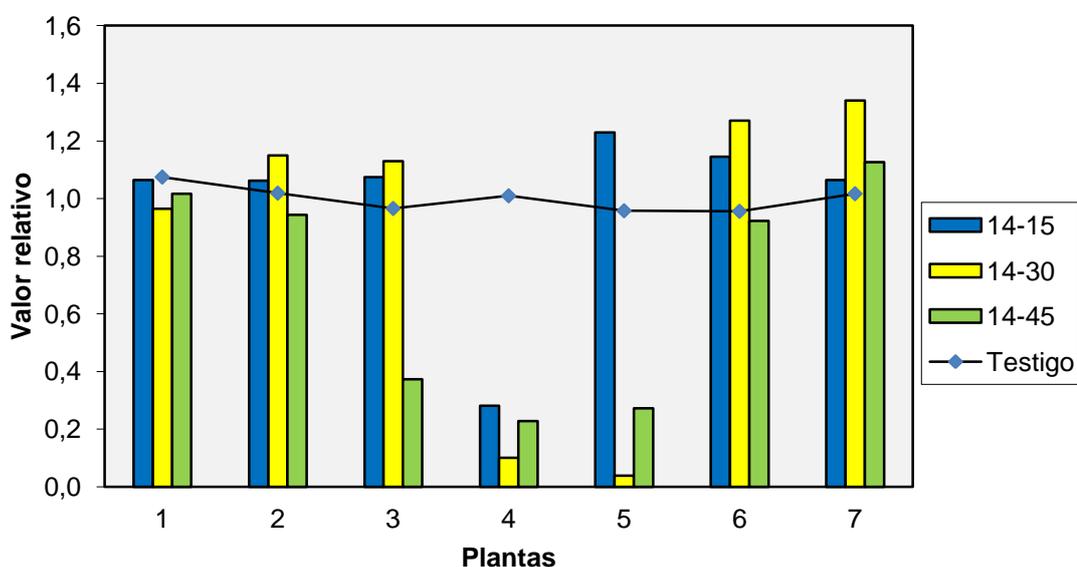
**Figura 9:** Producción total de biomasa por planta por el híbrido Nidera AX 877, en los diferentes tratamientos, hasta madurez fisiológica (R6).

**Nota:** el primer número de la leyenda indica los días de retraso en la emergencia (14) y 15, 30, y 45 el porcentaje de la población afectada. Los valores están expresados relativos a la media del testigo tomado como base 100.

En esta medición (R6) la producción lograda por el híbrido AX 877 supera a la del DK 615, inverso a lo ocurrido en el estadio medido anteriormente (R1), ya que ambos híbridos no se encontraban en el mismo estadio fenológico. El DK 615 estaba más avanzado (presentaba mayor desarrollo de espigas) debido a su ciclo más corto con respecto al AX 877, lo cual hizo que su producción de materia seca sea mayor en aquella oportunidad.

En las Figuras 10 y 11 se sigue notando la pérdida de producción por las plantas retrasadas y la compensación que hacen las plantas vecinas a las mismas. Para el caso del tratamiento 14-30 del híbrido Dekalb (con amarillo en la Figura 11), las plantas dominantes producen entre un 15 y hasta un 35% más que la media del testigo, pero las plantas dominadas (4 y 5) no superan el 10% de la producción media alcanzada por el testigo, lo cual indica una fuerte pérdida de producción de materia seca. Para el mismo caso, pero con el híbrido de Nidera (Figura 10), las plantas dominadas alcanzan una producción del 30% de la media del testigo, pero las adyacentes (dominantes) no superan de manera importante a la media del testigo, lo cual indica que hay mayor producción de plantas retrasadas, pero igual producción de materia seca por las plantas dominantes. Para el tratamiento 14-45 en ambos híbridos (con verde en las Figuras 10 y 11), la compensación por las plantas dominantes es prácticamente nula y las pérdidas de producción por las plantas dominadas es bastante

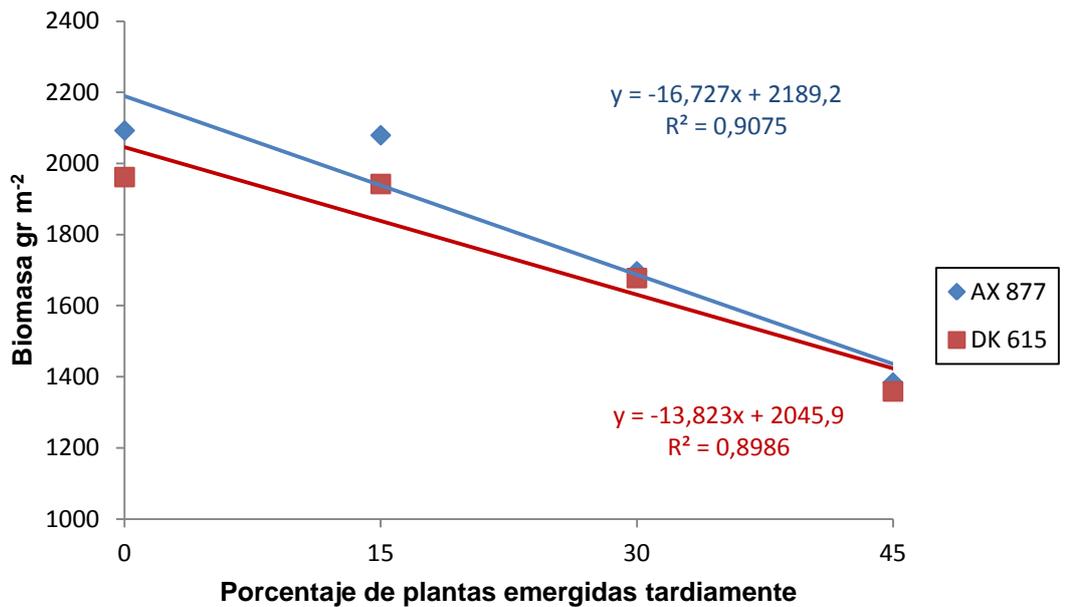
importante. El tratamiento 14-15 en ambos híbridos tuvo un comportamiento similar al Testigo.



**Figura 10:** Biomasa producida por plantas por los diferentes tratamientos del híbrido Dekalb DK 615 hasta madurez fisiológica (R6).

**Nota:** el primer número de la leyenda indica los días de retraso en la emergencia (14) y 15, 30, y 45 el porcentaje de la población afectada. Los valores están expresados relativos a la media del testigo tomado como base 100.

Lo observado durante la experiencia a campo se condice con Maddonni y Otegui (2004), quienes determinaron que la jerarquización de plantas se inicia desde estados ontogénicos tempranos (*i.e.* desde V4). Distintas densidades de siembra, no modifican el momento de inicio de la competencia sino su dinámica (*i.e.* tasa de pérdida del crecimiento de las plantas dominadas respecto del crecimiento de las dominantes). Para estos autores, la mayor diferenciación en el crecimiento entre ambos tipos de plantas, tuvo lugar entre V7 y V13 y posteriormente se mantuvo hasta madurez fisiológica.



**Figura 11:** Ajuste lineal de la biomasa total producida por los diferentes tratamientos e híbridos hasta R6.

Según lo que indica la Figura 11 las pendientes serían diferentes, lo cual indicaría que hay un comportamiento distinto de los diferentes maíces ante este tipo de problemas de desuniformidad del stand de plantas. Presentando una mayor producción de biomasa total el híbrido Nidera AX877, pero con una mayor caída de producción a medida que aumenta el porcentaje de desuniformidad. En cambio, el Dekalb DK 615 tiene una menor producción, pero es más estable a medida que se incrementa el porcentaje de plantas retrasadas.

#### **Análisis de resultados a cosecha**

El Cuadro 9 indica nuevamente que el coeficiente de variación del rendimiento, peso de marlos, peso de 1000 granos, número de granos no presenta interacción significativa entre los dos híbridos utilizados en el ensayo y los tratamientos. Por el contrario, se observó una notable diferencia entre los coeficientes de variación de los componentes de rendimiento de las plantas siguiendo el orden de mayor a menor 45%>30%>15%>Testigo.

**Cuadro 9: Coeficiente de variación porcentual del rendimiento y sus componentes al momento de cosecha. Río Cuarto, Argentina durante la campaña 2007-2008**

Variables Híbrido	Rendimiento gr m <sup>-2</sup>	Peso de marlos	Peso de 1000 granos	Nº de granos m <sup>-2</sup>	Total
DK 615	44 a	42 a	14 a	37 a	44 a
AX 877	40 a	33 a	17 a	33 a	39 a
DMS	0.19189	0.19687	0.20839	0.37757	0.19622
% de Desunif.					
Testigo	13 a	11 a	07 a	12 a	13 a
15%	36 b	31 b	10 a b	32 b	35 b
30%	50 c	48 c	18 b c	44 b c	49 c
45%	69 d	60 d	28 c	53 c	68 d
DMS	0.13096	0.10128	0.11121	0.16207	0.13004
Híbrido*%Desunif.	0.1863	0.0397	0.9975	0.4047	0.1784
CV	24.79	21.51	56.64	36.63	25.06

Letras diferentes indican diferencias significativas para LSD Fisher (P<0.05).

**Nota:** *DMS*: Diferencia mínima significativa. *CV*: coeficiente de variación, es un porcentaje expresado como tal. *Desunif*: Desuniformidad del cultivo. *Híbrido\*% de Desuniformidad*: interacción entre híbrido y el tratamiento.

Los mismos resultados que se observaron anteriormente (Cuadros 6 y 8) en cuanto a producción de biomasa se arrastraron hasta la cosecha (Cuadro 10) afectando el rendimiento final en granos de cada tratamiento.

En cuanto a las variables analizadas (Cuadro 10) no se encontraron diferencias significativas entre los híbridos, excepto para peso de 1000 granos, pero como se detalla en el Cuadro 1 esta diferencia está dada por la genética de los diferentes híbridos. En este caso tampoco hay interacción entre híbrido y porcentaje de desuniformidad. La diferencia significativa que está a la vista es el rendimiento de granos, el mismo sigue un patrón de mayor a menor: Testigo>15%>30%>45%, con una magnitud de diferencia del 28% entre 45% y el Testigo, de 15% entre 30% y Testigo y del 13% entre el 15% y el Testigo. El peso de 1000 granos sigue el patrón de distribución antes nombrado, pero las diferencias entre tratamientos no son tan marcadas.

**Cuadro 10: Producción de biomasa particionada en diferentes órganos y total a cosecha. Río Cuarto, Argentina durante la campaña 2007-2008**

Híbrido	Variabes	Rendimiento (g m <sup>-2</sup> )	Peso de marlos (g m <sup>-2</sup> )	Peso de 1000 granos (g)	Nº de granos (m <sup>-2</sup> )	Total (g m <sup>-2</sup> )
DK 615		1104.94 a	133.66 a	26.94 a	3973.14 a	1238.59 a
AX 877		1248.50 a	157.63 a	30.88 b	3877.63 a	1406.13 a
DMS		262.2542	35.6620	2.5788	453.0098	297.8907
% de Desunif.						
Testigo		1334.93 c	155.37 a	30.12 b	4226.91 b	1444.02 b
15%		1178.18 b	148.01 a	29.45 ab	3917.59 ab	1322.79 ab
30%		1152.45 ab	144.62 a	29.20 ab	3897.95 ab	1320.02 ab
45%		1041.31 a	134.57 a	26.87 a	3659.09 b	1202.61 a
DMS		113.4912	26.2140	2.6318	403.4884	176.4228
Híbrido*%Desunif.		0.8744	0.9025	0.4157	0.0513	0.6715
CV		7.67	11.68	7.24	8.17	10.61

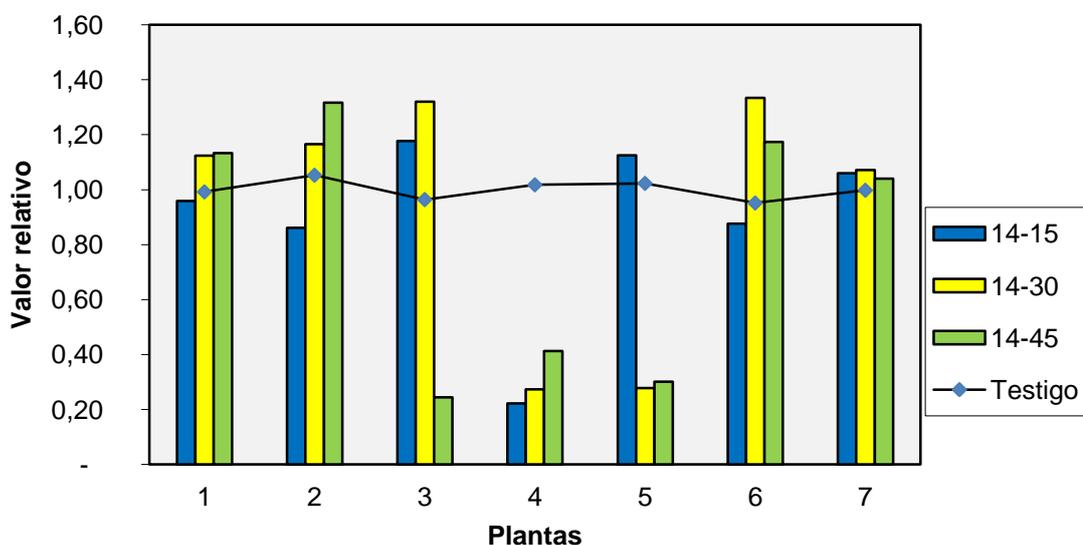
Letras diferentes indican diferencias significativas para LSD Fisher (P<0.05).

**Nota:** *DMS*: Diferencia mínima significativa *CV*: coeficiente de variación, es un porcentaje expresado como tal. *Desunif*: Desuniformidad del cultivo. *Híbrido\*% de Desuniformidad*: interacción entre híbrido y el tratamiento.

Se observa en ambos híbridos (Figura 12 y 13) que las plantas vecinas a las retrasadas superan la producción de las testigos, pero este rendimiento *extra* no alcanza para compensar totalmente la caída de rendimiento de las afectadas. Esta compensación es mayor en el híbrido Dekalb ya que entre tratamientos extremos (Testigo y 14-45) el rendimiento cae un 12% mientras que en el Nidera disminuye un 20%, aunque en éste último el rendimiento sea siempre mayor que el Dekalb.

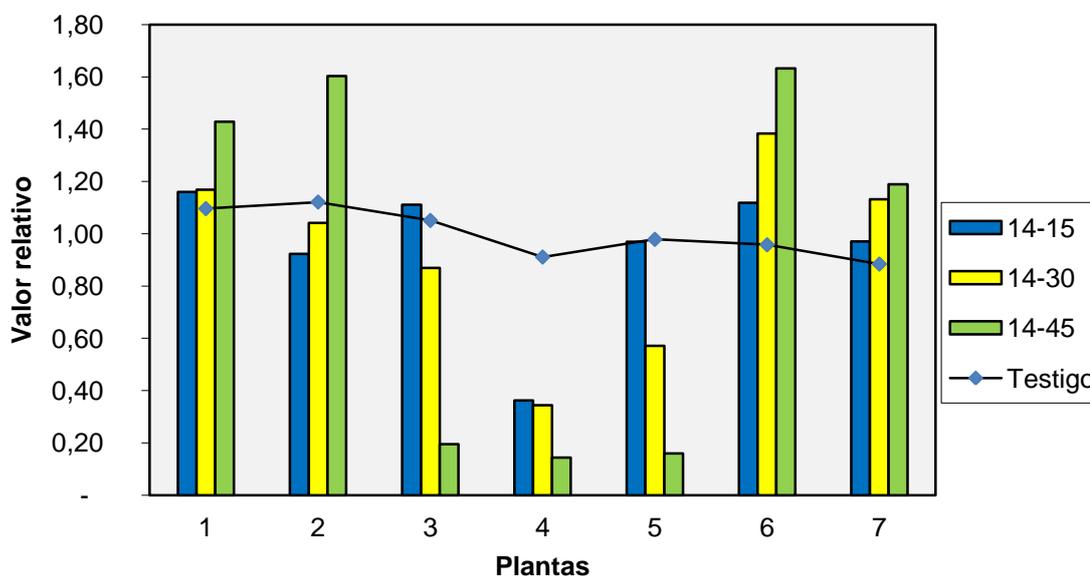
El componente del rendimiento más afectado por la competencia intraespecífica en maíz es el número de granos que alcanza a la madurez, relacionado con la capacidad de crecimiento de la planta durante la floración (Otegui y Andrade, 2000). Esa relación revela una escasa plasticidad reproductiva del maíz cuando las plantas crecen a altas tasas (TCC) (plantas dominantes en planteos desuniformes), donde el número máximo de flores formadas en la espiga limita el aumento del número de granos (Vega *et al.*, 2001). A medida que el crecimiento por planta disminuye se reduce el número de granos logrados en la planta, y esa caída se hace cada vez más abrupta (plantas dominadas), hasta alcanzar un umbral de esterilidad, debido a la relegación que sufre la espiga dentro de la planta en respuesta a mecanismos de dominancia apical. Este comportamiento explica los bajos rendimientos de

las plantas dominadas (posiciones 3, 4 y 5 según tratamiento) en el ensayo realizado (Figuras 12 y 13).



**Figura 12:** Rendimiento individual en granos a cosecha del híbrido Nidera AX 877.

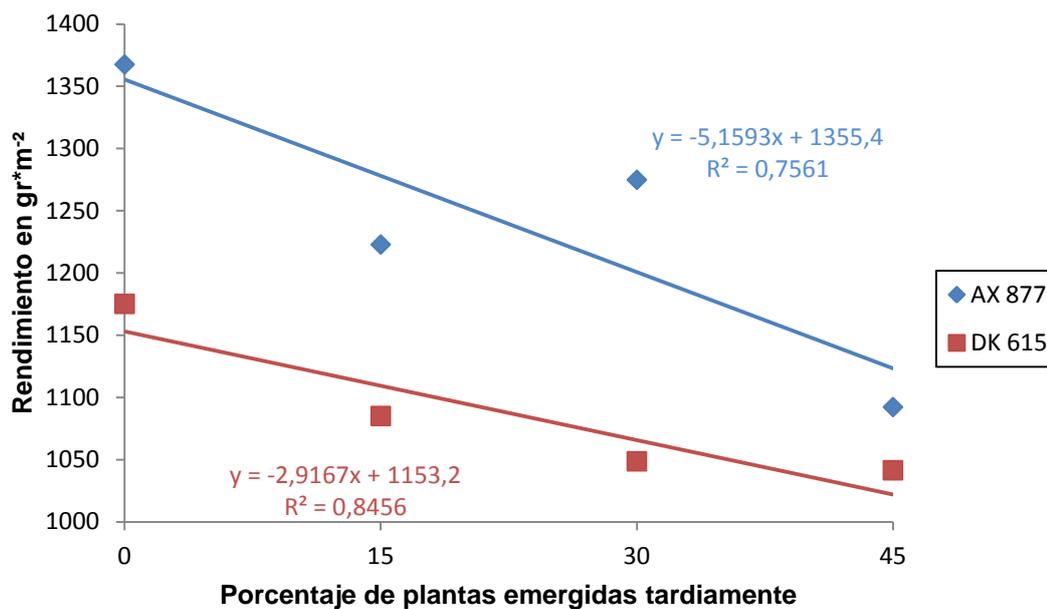
**Nota:** el primer número de la leyenda indica los días de retraso en la emergencia (14) y 15, 30, y 45 el porcentaje de la población afectada. Los valores están expresados relativos a la media del testigo tomado como base 100.



**Figura 13:** Rendimiento individual relativo en granos a cosecha del híbrido Dekalb DK 615.

**Nota:** el primer número de la leyenda indica los días de retraso en la emergencia (14) y 15, 30, y 45 el porcentaje de la población afectada. Los valores están expresados relativos a la media del testigo tomado como base 100.

En la Figura 14 se observa que el híbrido AX 877 rindió más que el DK 615 en todos los tratamientos, aunque a medida que aumenta el porcentaje de plantas retrasadas 14 días la caída de rendimiento del AX 877 es mayor que la del DK 615. Si hay un retraso de 14 días en la emergencia del 15 % del stand de plantas se estarían perdiendo 773 kg/ha de grano para el híbrido AX 877 y 437 kg/ha en el Dekalb. Si este retraso en la emergencia afecta al 45% de la población de las plantas, las pérdidas de rendimiento serían de 2.321 y 1.312 kg de grano/ha para el AX 877 y el DK 615, respectivamente.



**Figura 14:** Rendimiento a cosecha expresado en gramos  $\text{m}^{-2}$  o su equivalente kilogramos  $\text{ha}^{-1}$ . En diferentes colores los dos híbridos y en las ordenadas los cuatro tratamientos.

## **CONCLUSIONES:**

Se pudo determinar que hay un fuerte impacto en el rendimiento final del cultivo de maíz cuando la población de plantas no es uniforme. Las plantas que dominan desde el inicio de la implantación son siempre más grandes, dominantes y de mayor producción de materia seca que sus adyacentes, pero no producen la compensación necesaria para cubrir las pérdidas de las dominadas.

Aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, se observó un diferente grado de compensación, por los dos híbridos ante la desuniformidad en la emergencia de las plántulas, dentro de los cuales el DK 615 compensó más que el AX 877.

Con los datos obtenidos se puede concluir que es de gran importancia una siembra y emergencia homogénea para evitar pérdidas de rendimiento por competencia intraespecífica en maíz.

## **BIBLIOGRAFÍA CITADA:**

ANDRADE, F.H. 1995. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. **Field Crops Research**, 41:1-12.

ANDRADE, F. H. y P. ABBATE. 2005 “Response of Maize and Soybean to Variability in Stand Uniformity”. **Agronomy journal** 97: 1263-1269. Published by American Society of Agronomy.

ANDRADE, F. H.; A. G. CIRILO; S. A. UHART, y M. OTEGUI. 1996. **Ecofisiología del cultivo de maíz**. Editorial La Barrosa. Dekalb Press. CERBAS-EEA INTA Balcarce, FCA-UNMP.

ANDRADE, F. H.; S. A. UHART y M. I. FRUGONE. 1993. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: shade versus plant density effects. **Crop Sci.** 33,482-485.

BORRÁS, L. y M.E. OTEGUI. 2001. Maize kernelweight response to postflowering source-sink ratio. **Crop Sci.**41, 1816-1822.

BRAGACHINI, M.; A. VON MARTIN; A. MENDEZ; F. PACIONI y M. ALFARO. 2002. “Siembra de maíz, eficiencia de implantación y su efecto sobre la producción de grano.” **Tercer taller de agricultura de precisión del cono sur**. PROCISUR. Carlos Paz 17-19

CANTERO, G. A.; E. BRICCHI; V. H. BECERRA; J. M. CISNEROS y H. A. GIL. 1986. **Zonificación y descripción de las tierras del departamento Río Cuarto**. UNRC-FAV. 80 págs.

CARCOVA, J. y M. E. OTEGUI. 2001. Pollination asynchrony and kernel abortion in maize. **Crop Science** 41: 1809-1815.

CIRILO, A. G. y F. H. ANDRADE. 1994. Sowing date and maize productivity: I. Crop growth and dry matter partitioning. **Crop Science**, 34:1039-1043.

EDMEADES, G. O; M. BANZIGER y J.M. RIBAUT. 2000. Maize improvement for drought-limited environments. *En* M.E Otegui, G.A. Slafer (*eds.*) *Physiological Bases for Maize Improvement*. **Food Products Press. The Haworth Press., Inc.** 10 Alice Street, Binghamton, NY. Pp. 75-111.

EDMEADES, G.O. y T.B. DAYNARD. 1979a. The development of plant-to-plant variability in maize at different planting densities. **Can. J. Plant Sci.** 59, 561–576.

FABRICIUS, R. y V. ROTONDO. 1993. **Características climáticas del área frutihortícola de Río Cuarto, en Diagnóstico y evolución del área frutihortícola de Río Cuarto**. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Págs. 23-26.

FISCHER, K. S. y F. E. PALMER. 1984. Tropical maize. En: P. R. Goldsworthy y N. M. Fischer (eds.). **The physiology of tropical field crops**. Wiley. Págs. 213-248.

GALIAN, W. C. 1988. The origin of corn. En: G. F. Sprague y J. W. Dudley (eds.). **Corn and corn improvement (3° ed.)**. Series Agronomy N° 18. American Society of Agronomy, Inc. Publishers. Madison, Wisconsin. USA.

GESUMARIA, J; C. CASTILLO; G. ESPOSITO y R. BALBOA. 2000. “**NP-ZEA Programa para el cálculo de dosis de Nitrógeno y Fósforo**”. Registro del derecho de autor DNDA Exp. 97476 13/11/2000.

GRANT, R; B. JACKSON; J. KINIRY y G. ARKIN. 1989. Water deficit timing effects on yield components in maize. *Agron. J.*, 81:61-65.

HALL, A. J.; J. H. LEMCOFF y N. TRAPANI. 1981. Water stress before and during flowering in maize and its effects on yield, its components, and their determinants. *Maydica*, 26: 19-38.

INFOSTAT. 2002. **InfoStat, versión 2002**. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.

KINIRY, J. R. y J. T. RITCHIE. 1985. Shade – sensitive interval of kernel number of maize. *Agronomy Journal*, 77:711-715.

LIU, W.; M. TOLLENAAR; G. STEWART y DEEN, W. 2004. Within-row plant spacing variability does not affect corn yield. *Agron. J.* 96: 275-280.

MADDONNI, G.A. y M.E. OTEGUI. 2004. “Intra-specific competition in maize: Early establishment of hierarchies among plants affects final kernel set”. *Field Crops Res.* 85:1-13.

MADDONNI, G.A. y M.E. OTEGUI. 2006. Intra-specific competition in maize: contribution of extreme plant hierarchies to grain yield, grain yield components and kernel composition. *Field Crops Res.* 97, 155-166.

MARONI, J. y A. GARGICEVUCH. 2006. Consideraciones para lograr una siembra de calidad: “El caso Maíz” **Programa de capacitación técnica y transferencia de Tecnología Argentina-Venezuela modulo de capacitación siembra y sembradoras**; Pergamino (BA).

NIELSEN, R. L. 2004. Effect of spacing variability on Corn grain yield. **AGRY-91-01**. Agronomy Department. Purdue University. Indiana. USA.

MUCHOW, R.C; T.R. SINCLAIR y J.M. BENNETT. 1990. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. *Agronomy Journal*, 82:338-343.

NAFZIGER, E.D.; P.R. CARTER y E.E. GRAHAM. 1991. “Response of corn to uneven emergence”. *Crop Sci.* 31:811-815.

NIELSEN, R.L. 2001. “Stand establishment variability in corn”. (En línea). Disponible en Web: [http://www.agry.purdue.edu/ext/pubs/AGRY-91-01\\_v5.Pdf](http://www.agry.purdue.edu/ext/pubs/AGRY-91-01_v5.Pdf) (modified

Nov.2001; verified 1 Dec. 2003). Publ. AGRY-91-1. dep. of Agronomy, Purdue Univ., West Lafayette, IN. Consultado 10/11/06.

NIELSEN, R.L. 2007. Requirements for Uniform Germination and Emergence of Corn. Corny News Network, Purdue Univ. [On-Line]. Available at <http://www.kingcorn.org/news/timeless/GermEmergReq.html>. (URL verified 5/20/07).

OTEGUI, M.E. 1997. Kernel set and flower synchrony within the ear of maize. II. Plant population effects. **Crop Sci.** 37, 448-455.

OTEGUI, M. E. y F. H. ANDRADE. 2000. New relationships between light interception, ear growth and kernel set in maize (Chapter 6). En: M.E. Westgate, and K. Boote (eds), Physiology and Modeling of Kernel Set in Maize, **Crop Sci. Soc. of America y Amer. Soc. of Agronomy** Special Publication N° 29. Baltimore, Maryland, EEUU, 2000. pp 89-102.

OTEGUI, M.E.; M.G. NICOLINI; R.A. RUIZ y P.A. DODDS. 1995. Sowing date effects on grain yield components for different maize genotypes. **Agron. J.** 87, 29-33.

OTEGUI, M. E. y R. BONHOMME. 1998. Grain yield components in maize. Ear growth and kernel set. **Field crops Res.** 56:247-256.

OTEGUI, M.E. y S. MELON. 1997. Kernel set and flower synchrony within the ear of maize: I. Sowing date effects. **Crop Sci.** 37:441-447.

PAGANO, E. y G.A. MADDONNI. 2007. Intra-specific competition in maize: early established hierarchies differ in plant growth and biomass partitioning to the ear around silking. **Field Crops Res.** 101, 306-320.

RITCHIE, W. y J. HANWAY. 1997. "How a corn plant develops". **Special Reports** Num. 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa: 21p.

SAGPyA. 2007. "El maíz argentino en cifras" (En línea). Disponible en Web: <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/prensa/publicaciones/maiz/pag10.php>. Consultado 05/10/06

SEILER, R. A.; R. A. FABRICIUS; V. H. ROTONDO y M. G. VINOCUR. 1995. **Agroclimatología de Río Cuarto – 1974/1993**. Vol. I FAV. UNRC. Río Cuarto. Córdoba. Argentina.

SINCLAIR, T.R. y T. HORIE. 1989. Leaf nitrogen photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. **Crop Sci.** 29,90-98

TELLERIA, G. 2002. El papel del maíz en los planteos de producción del Sur de Córdoba. **Guía Dekalb del cultivo del maíz**. Monsanto Argentina S.A. Primera edición. Buenos Aires. Argentina. Págs. 247-251.

TOTIS DE ZELJKOVICH, I. y C.M. REBELLA. 1980. Necesidades de agua de un cultivo de maíz en la región de Pergamino. En AIANBA (ed.). Actas del **IIº Congreso Nacional de maíz**. 211-219.

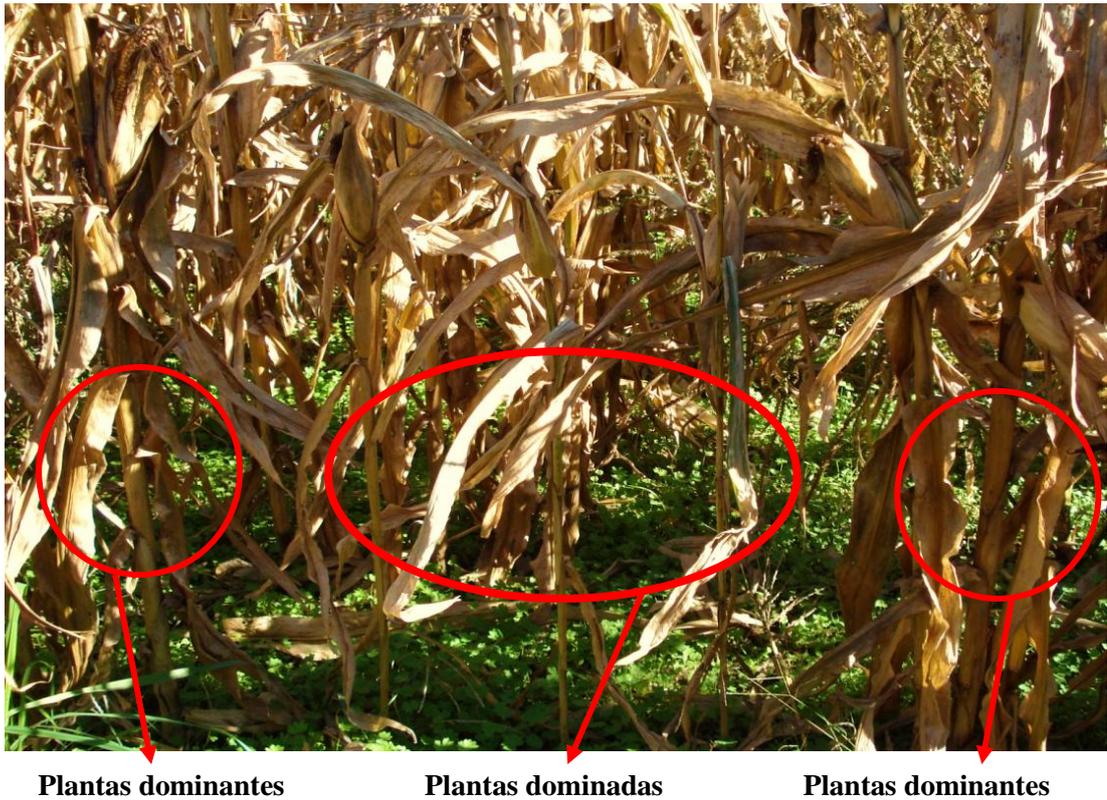
URIBELARREA, M.; J. CÁRCOVA; M. E. OTEGUI y M. E. WESTGATE. 2002. Pollen production, pollination dynamics and kernel set in maize. **Crop Sci.** 42:1910-1919.

VEGA C.R.C.; F.H. ANDRADE y V.O. SADRAS. 2001. "Seed number as a function of growth. A comparative study in soybean, sunflower, and maize". **Field Crops Research** 72:163-175.

WESTGATE, M. E. y J. S. BOYER. 1986. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. **Crop Science**, 26:951-956.

WILSON, D.R.; R.C. MUCHOW y C.J. MURGATROYD. 1995. Model analysis of temperature and solar radiation limitations to maize potential productivity in a cool climate. **Field Crops Res.** 43:1-18.

## ANEXOS



**Foto 1:** Plantas en competencia imperfecta en R6, tratamiento 14-45.



**Foto 2:** Espigas cosechadas en el tratamiento 14-15 (solo la planta número 4 es la retrasada).



**Foto 3:** Espigas cosechadas en el tratamiento 14-30 (las plantas número 3 y 4 fueron las retrasadas).



**Foto 4:** Espigas cosechadas en el tratamiento 14-45, las 3 centrales son las retrasadas.