



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Agronomía
Escuela para Graduados
"Alberto Soriano"



Especialización en Cultivos de Granos (2009-2010)

Trabajo de Coronamiento

Efectos de la Fecha de Siembra sobre el Rendimiento y

Calidad Comercial del Maíz Dulce (*Zea Mays L., var. saccharata körn*)

Autor: Ing. Agr. Marcelo Ruda Vega

Tutor: Ing. Agr. PhD. Emilio H. Satorre, FAUBA.

Índice

1. <u>Resumen:</u>	Pág.:4
2. <u>Introducción:</u>	Pág.:6
2.1. Objetivos:	Pág.:10
2.2. Hipótesis:	Pág.:10
3. <u>Materiales y Métodos:</u>	Pág.:11
3.1 Ubicación del Experimento:	Pág.:11
3.2 Manejo General del Cultivo:	Pág.:11
3.3 Diseño Experimental:	Pág.:12
3.4 Variables Respuestas:	Pág.:13
3.4.a Fenología del Cultivo:	Pág.:13
3.4.b Atributos del Crecimiento:	Pág.:14
3.4.c Calidad Comercial:	Pág.:15
3.4.d Rendimiento:	Pág.:15
3.5.a Análisis Estadístico:	Pág.:15
4. <u>Resultados y Discusión:</u>	Pág.:17
4.1 Condiciones Ambientales y Fenología:	Pág.:17
4.2 Crecimiento del Maíz:	Pág.:21
4.3 Rendimiento y Calidad Comercial:	Pág.:24
5. <u>Conclusión:</u>	Pág.:27
6. <u>Bibliografía:</u>	Pág.:29

Índice de Figuras y Cuadros

Cuadro 1: Composición nutritiva del maíz (cont.)	Pag.: 6
Figura 1: Ubicación del establecimiento (cont.).....	Pág.:11
Figura 2: Ciclo ontogénico del Cultivo de Choclo (cont.).....	Pag.:13
Figura 3: Posiciones de medición de la altura de (cont....).....	Pag.:14
Figura 4: Temperatura máxima y mínima (°C).....	Pag.:17
Cuadro 2: Precipitaciones acumuladas durante el (cont....)....	Pag.:18
Cuadro 3: Radiación acumulada (mj/m²) (cont....).....	Pag.:19
Figura 5: Fecha de ocurrencia de distintos estados (cont.) ...	Pag.:19
Cuadro 4: Altura de la Inserción de la panoja (cont....).....	Pag.:21
Figura 6: Relación entre fIPAR y el IAF (cont....).....	Pag.:23
Cuadro 5: Parámetros de Calidad Comercial (cont....).....	Pag.:25
Figura 7: % espigas comerciales > 14 cm (cont.).....	Pag.:25
Cuadro 6: Componente y atributos del Rendimiento (cont.)....	Pag.:26
Figura 8: Relación grano/marlo y rendimiento (cont.).....	Pag.:26

1. Resumen:

El efecto de la fecha de siembra sobre la producción y calidad del cultivo de maíz dulce en el norte de la provincia de Buenos Aires no ha sido estudiado y su conocimiento resulta de suma importancia para la planificación y obtención de resultados óptimos y viabilidad comercial para los productores de dicha zona. En base a esta problemática se estudió el efecto de tres fechas de siembra: 28 de octubre, 9 de noviembre y 5 de diciembre 2009 (fecha 1, 2 y 3, respectivamente) sobre el rendimiento y calidad comercial de Maíz Dulce (*Zea Mays L., var. saccharata körn*). La hipótesis principal que guió este trabajo fue que el atraso de la fecha de siembra reduciría el tamaño y peso de la espiga de maíz dulce afectando sus parámetros comerciales. Para poner a prueba esta hipótesis, se realizó un ensayo a campo en la localidad de Capilla del Señor, provincia de Buenos Aires. En las tres fechas mencionadas se sembró el híbrido Cahill (P) de un ciclo en fecha de siembra óptima de 75 días. El manejo de los cultivos respondió a un manejo convencional de la zona. Durante el ciclo del cultivo se llevaron a cabo determinaciones densidad y área foliar por planta. El momento de la cosecha se determinó por el método de apreciación visual del grano lechoso. Se tomaron muestras de espigas para la determinación de rendimiento y calidad comercial. El área foliar por planta no presentó diferencias significativas entre la fecha 2 y 3, sin embargo hubo una tendencia hacia una mayor área foliar en la fecha 2 ($2826 \text{ cm}^2 \pm 256$) que en la fecha 3 ($2596 \text{ cm}^2 \pm 256$). Además, fue la fecha en la que la radiación acumulada incidente fue mayor (1605 mj/m^2) en el ciclo de cultivo, ya que ésta fue en aumento desde principios de octubre hasta fines de enero; a partir de ese

momento la radiación cayó marcadamente, coincidiendo con el ciclo del cultivo de la fecha 3 (1555 mj/m²). La mayor radiación incidente y la mayor capacidad de captura de la misma (Área Foliar) se tradujo en un mayor peso de la espiga (270 ± 58 gr) para los cultivos sembrados en la fecha 2 respecto de los de la fecha 3 (204 ± 58) y la fecha 1 (190 ± 58). Por otro lado, los cultivos en la fecha 2 presentaron mejor relación grano/marzo (2,57 ± 0,29) y mayor cantidad de granos comerciales (446 ± 45 granos/espiga) diferenciándose significativamente de los cultivos sembrados en la fecha 3 (1,97 ± 0,29) y la fecha 1 (0,92 ± 0,29) para la relación grano/marzo y también para los granos comerciales, 384 ± 45 y 394 ± 45 en los cultivos de la fecha 3 y 1, respectivamente. En vista de los resultados obtenidos se recomienda la fecha de principios de noviembre como fecha óptima de siembra ya que fue en la que se obtuvo el mayor rendimiento y mejor calidad de producto.

Palabras Claves: Maíz Dulce, choclo; fecha de siembra; rendimiento; calidad comercial

2. Introducción:

El maíz dulce (*Zea mays* L., var. *saccharata* Körn), comúnmente llamado choclo, se caracteriza por poseer un gen recesivo que impide la transformación completa de azúcares en almidón durante la maduración del grano. Esta característica lo hace más dulce que el maíz normal. De acuerdo al contenido de azúcar se clasifica en estándar, intermedio con una concentración de azúcares 8-10 veces mayor que el común y el superdulce que contiene el doble que el intermedio, manteniéndolo en altas concentraciones por un período mas prolongado en la post-cosecha. (Di Benedetto, 2005). Su composición nutritiva está integrada por proteínas, carbohidratos, minerales y vitaminas. Es una buena fuente de fósforo y tiamina para la alimentación humana (Cuadro 1); (Luchsinger y Camilo, 2008a). Por otra parte, la semilla de maíz dulce es mucho más pequeña y de pericarpio más delgado que la del maíz de grano, lo que determina que la reserva almacenada sea menor y que el grano al estado fresco sea más tierno (Luchsinger y Camilo, 2008b).

Cuadro 1: Composición nutritiva del maíz dulce por 100 gramos de parte comestible. (Di Benedetto, 2005).

Componente	Cantidad	Componente	Cantidad
Agua (%)	72,70	Hierro (mg)	0,70
Proteínas (g)	3,50	Potasio (mg)	280,00
Grasas (g)	1,00	Vitamina A (UI)	400,00
Hidratos de carbono (g)	22,10	Tiamina (mg)	0,15
Fibra (g)	0,70	Rivoflamina (mg)	0,12
Cenizas (g)	0,70	Niacina (mg)	1,70
Calcio (mg)	3,00	Acido ascórbico (mg)	12,00
Fósforo (mg)	111,00	Valor energético (cal)	96,00

El maíz dulce es un cultivo de clima templado-cálido, su difusión geográfica es mayor que la del maíz común y esto es principalmente debido a que se cosecha en estado lechoso por lo que su ciclo es más reducido ampliando de esta manera las zonas agro-ecológicas aptas. La temperatura y lluvia son los principales factores climáticos que afectan su crecimiento y productividad. Existen pequeñas diferencias entre autores en los rangos térmicos para el crecimiento y desarrollo del cultivo; según Vigliola (1996) la temperatura máxima para el cultivo es de 32°C y la mínima de 10 °C, con una óptima mensual de 15-24°C pero para Di Benedetto (2005) la temperatura máxima sería de 35°C y 13°C la mínima. La temperatura durante el ciclo del cultivo de maíz dulce influye en el número de días necesarios para alcanzar la madurez comercial (Vigliola, 1996). Asimismo, la tasa de crecimiento se incrementa a medida que aumenta la temperatura. Sin embargo, las temperaturas muy elevadas pueden afectar el porcentaje de fecundación, sobre todo cuando coincide con vientos y sequía, ya que se altera la producción de polen, y da como resultado una polinización pobre y espigas mal granadas. Por otra parte, temperaturas del aire inferiores a 10°C durante la primavera, determinan un crecimiento muy lento, y el cultivo puede tornarse clorótico. En cuanto al daño causado por heladas está en relación con el estado vegetativo en que se encuentra la planta, y con la duración, intensidad y frecuencia del fenómeno climático (Vigliola, 1996). Por último el periodo crítico para la generación del rendimiento del maíz, se haya comprendido entre los 15 días previos a la floración y los 15 días posteriores a la misma en donde un estrés de cualquier índole afectará al rendimiento.

En general, el rendimiento del cultivo de maíz varía considerablemente entre las distintas regiones productoras, y aún entre campañas agrícolas para una misma zona y genotipo (Otegui y López Pereira, 2003a). Los factores que contribuyen a esta variabilidad en los rendimientos son numerosos, destacándose los regímenes de temperatura, la radiación, la disponibilidad hídrica y de nutrientes. De este modo, la fecha de siembra es un determinante clave del ambiente que explorará el cultivo durante el ciclo y particularmente durante el período crítico para la determinación de su rendimiento y calidad (Otegui y López Pereira, 2003a).

La producción de maíz dulce requiere la siembra escalonada de cultivos para prolongar el período de producción y cosecha. La corta estación de crecimiento de los cultivos en el norte de la provincia de Buenos Aires limita la producción de más de un cultivo por temporada, generando de esta manera un desafío a los productores que intentan extender el período de la cosecha para satisfacer la demanda de los consumidores (Kwabiah, 2004). El efecto de la fecha de siembra sobre la producción y calidad de este cultivo en el norte de Buenos Aires no ha sido estudiado y su conocimiento resulta de suma importancia para la planificación y obtención de resultados óptimos y viabilidad comercial para los productores de dicha zona.

Se sabe que la cantidad de tiempo que se requiere para llegar a la madurez del maíz dulce esta influenciada principalmente por la fecha de siembra y por la variación de la temperatura durante el período de crecimiento del cultivo (Williams and Lindquist, 2007). Además, es muy importante el momento de la cosecha para obtener una óptima calidad en el producto final. Faiguenbaum (1997) señala que los azúcares solubles (glucosa, fructuosa y

sacarosa) alcanzan tempranamente su máximo nivel 15 días después de la floración, decreciendo paulatinamente hasta la cosecha. El contenido promedio de azúcares en los maíces dulces al momento de su madurez óptima es de 7-8%. La sacarosa determina el dulzor, sin embargo su poder edulcorante es menor que el de la fructosa también presente en este momento.

Por último es importante destacar que las espigas comercialmente aptas deben superar los 14 cm de longitud, deben estar bien granadas, tener un buen aspecto tanto a la apreciación visual como al sabor del consumidor y es que teniendo estos atributos como objetivos, se debe adecuar la fecha de siembra para maximizar la producción en el norte de la provincia de Buenos Aires.

2.1 Objetivo:

Evaluar el efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento y atributos de calidad comercial de maíz dulce en el norte de la provincia de Buenos Aires.

2.2 Hipótesis:

El atraso de la fecha de siembra reducirá el tamaño y peso de la espiga de maíz dulce afectando sus parámetros comerciales.

3. Materiales y Métodos:

3.1. Ubicación del Experimento:

El ensayo se llevó a cabo en la Pampa Ondulada en la localidad de Capilla del Señor, cabecera del departamento Exaltación de la Cruz, provincia de Buenos Aires, específicamente en la Estancia “El Refugio” (34°17'60" S, 59°06'00" O) (figura 1). El suelo del lugar es un Argiudol típico fino, con contenidos de arena, limo y arcilla de 141, 629 y 230 g kg⁻¹, respectivamente. El área registra una precipitación promedio de 1000-1200 mm año⁻¹ y temperaturas medias mensuales para el ciclo del cultivo que van desde los 16°C a los 23°C entre los meses septiembre y abril.



Figura. 1: Ubicación del establecimiento con vista al lote del ensayo.

3.2. Manejo general del Cultivo:

Se utilizó el Híbrido Cahill (P) DAEHNFELDT de Syngenta; este híbrido es un maíz súperdulce. Las labores previas a la siembra incluyeron primero un doble disco, seguido de un cincel; posteriormente, un doble disco y para

completar la preparación de la cama de siembra, un doble disco con rastra y rolo en tándem.

Previo a la siembra, para el control de malezas se aplicó Glifosato (1,92 l p.a. ha⁻¹); Atrazina 50 (1 l p.a. ha⁻¹), Acetoclor (1.8 l p.a. ha⁻¹), utilizando Impacto (0,3 l p.c. ha⁻¹) como coadyuvante. Para el control de insectos se aplicó Zmetrina n.c. Furia (0,05 l ha⁻¹) 1 semana antes de la siembra.

Luego se sembró el maíz dulce con una densidad objetivo de 70.000 plantas por hectárea a un distanciamiento entre hileras de 70 cm. La profundidad de siembra fue de 5 cm. La semilla utilizada fue tratada con curasemilla a base del insecticida Clorpirifos (49,2% p.a., n.c. Lorsban ST ®) en dosis (0,025 kg semilla⁻¹) y se fertilizó a la siembra con 100 kg ha⁻¹ de Fosfato Diamónico (PDA), 18:46:0. En el estadio de sexta hoja completamente expandida, V6 (Ritchie y Hanway, 1982), se fertilizó con UAN 30:0:0 en dosis 150 l ha⁻¹

3.3. Diseño Experimental:

El diseño fue completamente aleatorio (DCA), con 3 tratamientos. T1: fecha de siembra 28 de Octubre; T2: fecha de siembra 9 de Noviembre; T3: fecha de siembra 5 de Diciembre del 2009. Se hicieron 6 repeticiones por tratamiento. Las parcelas experimentales fueron de 4 hileras de ancho por 6 m de longitud. Las fechas de siembra fueron determinadas por el productor no teniendo nosotros ninguna injerencia en la toma de decisión. La idea en un primer momento era hacer una siembra más temprana pero por cuestiones climáticas (falta de piso) y disponibilidad de maquinaria agrícola, no fue posible.

3.4. Variables Respuestas:

Las determinaciones y muestra se hicieron sobre 25 plantas por repetición, marcadas en el estado en el cultivo V6/V8 ubicadas en las dos hileras centrales de cada parcela.

3.4.a Fenología del Cultivo:

- Se determinó la fecha de siembra, de emergencia (VE), floración masculina (VT), femenina (R1) y fecha de cosecha comercial (Ritchie et al., 2008) (figura 2). Se estimó el tiempo térmico ($^{\circ}\text{C}$ día) T_b 10°C para siembra-emergencia y T_b 8°C para las restantes fases entre los estados reconocidos arriba para condiciones de temperatura mínima de 10°C y máxima de 35°C .
- Los datos meteorológicos de temperatura y radiación incidente se obtuvieron de la Estación San Miguel (SMN) situada a 55,8 km de distancia del experimento.

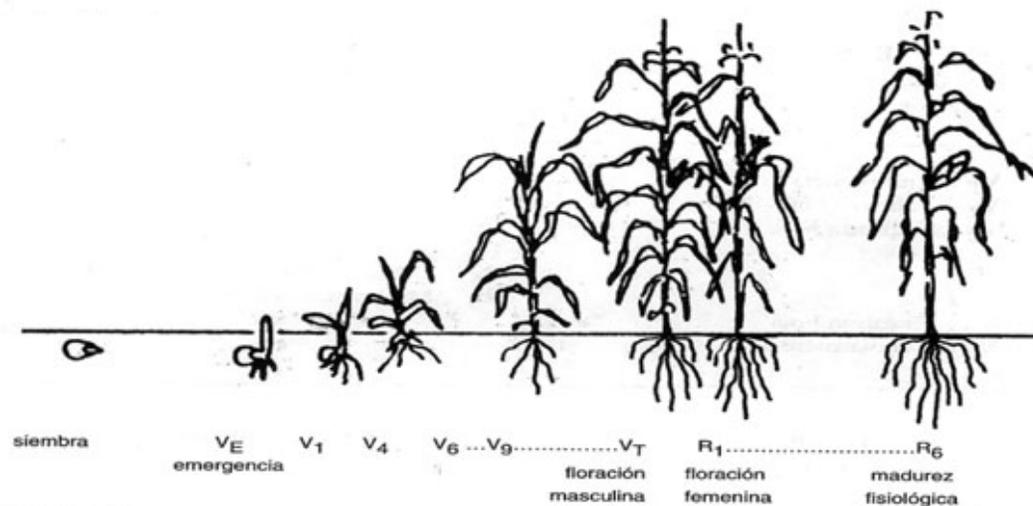


Figura 2: Ciclo Ontogénico del Cultivo de Choclo y sus estados. (Cárcova, 2003a).

3.4. b Atributos del Crecimiento:

- **Altura (cm):** Se determinó en floración en 10 plantas elegidas al azar de la muestra de 25 plantas identificadas. La medición se realizó en dos posiciones: base de la panoja e inserción de la espiga. (Figura 3)
- **Área foliar verde por planta (AF_v):** se determinó en floración en sólo 5 plantas elegidas al azar de la muestra de 25 plantas identificadas (ver arriba). Se midió el ancho máximo (A, cm) y el largo (L, cm) de la hoja en cada planta. El AF_v se determinó (figura 3) como:

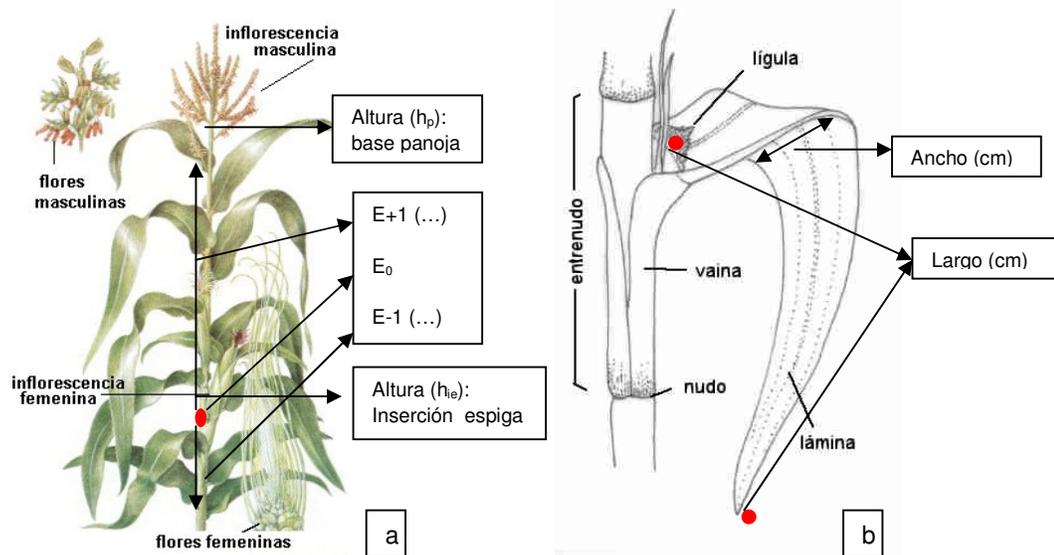


Figura 3: Posiciones de medición de la altura de la Planta (a) y esquema medición AF: ancho máx.(cm) y largo de hoja (cm).

Se midieron todas las hojas de las 5 plantas seleccionadas por repetición, que estaban sin daño. Se las denominó E y un sub índice que indicaba la posición de la hoja. Por ejemplo, a la hoja por debajo de la espiga se la denominó E_0 ; a las hojas que estaban por arriba se las denominó E_{+1} ; $E_{+...}$ y a las que estaban por debajo E_{-1} ; $E_{-...}$. Para obtener el valor correspondiente de

AF, se introdujo el valor del ancho (cm) y del largo (cm) y se lo multiplicó por 0,75 , que es un coeficiente de corrección. (Ec 1) AF: L x A x 0,75.

3.4.c Calidad Comercial:

- Se determinó la longitud y diámetro de mazorca sin chalas ni pedúnculo (cm).
- Se determinó el peso fresco de mazorca sin chalas ni pedúnculo (g).
- Se determinó el porcentaje de mazorcas comerciales: mazorcas de longitud igual o superior a 14 cm y bien cuajadas.

3.4.d Rendimiento:

El momento de la cosecha se determinó mediante el método de apreciación visual del grano lechoso. Este estado se alcanzó cuando al presionar el grano con las uñas sale un exudado blanco (jugo), este momento coincide con la máxima concentración de azúcares solubles, cualidad muy apreciada en el producto (Vigliola, 1996; Di Benedetto, 2005).

- Se midieron los componentes para determinar el rendimiento: número de granos por metro cuadrado y peso de los mismos (peso seco). El rendimiento en grano se calculó multiplicando el número de granos por unidad de superficie por el peso seco de dicha cantidad de granos, expresándolo en kg ha^{-1} corregido a un 13% de humedad.

3.5. Análisis Estadístico:

Los datos se analizaron con el software InfoStat (2008). Previamente se corroboraron los supuestos de normalidad, a través del test de Shapiro-Wilk (Shapiro y Wilk, 1965), la homogeneidad de varianzas y la independencia de

las observaciones. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para las variables determinadas (ver arriba), utilizando la prueba LSD de Fisher para la comparación de medias con un nivel de significancia del 5% ($P < 0,05$).

4. Resultados y Discusión

4.1. Condiciones Ambientales y Fenología:

El régimen térmico para el desarrollo y crecimiento del maíz dulce no ofreció eventos extremos frecuentes para los cultivos sembrados en la primera y segunda fecha. Hasta la segunda quincena del mes de enero, se observaron pocos días con temperaturas máximas apenas mayores a 32 °C. Sin embargo, los cultivos sembrados en la tercer fecha experimentaron durante los últimos días de enero (22/1/2010-1/2/2010) temperaturas máximas mayores a 32°C, (figura 4) justo antes de su panojamiento. Estos eventos podrían afectar la producción y viabilidad de polen en las plantas de siembra tardía. Por otra parte, los cultivos sembrados en la 1° y 2° experimentaron 16 días de bajas temperaturas mínimas en etapas iniciales del ciclo (inferiores a 10 °C; figura 4).

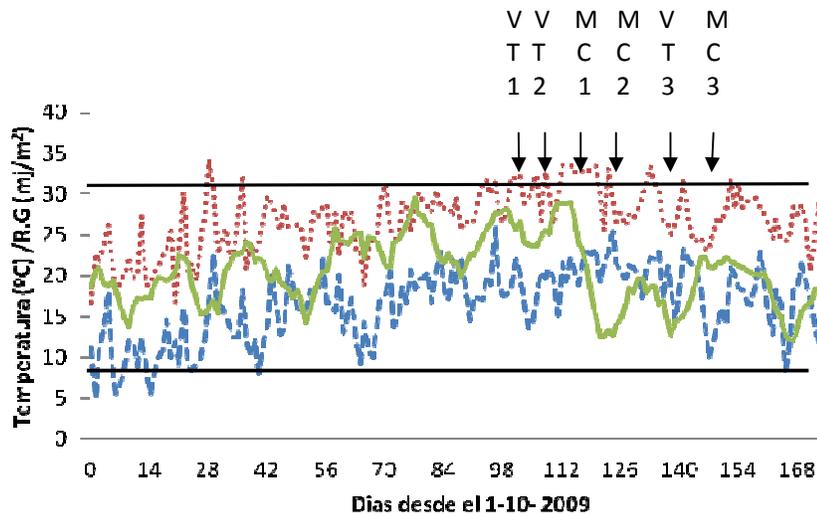


Figura 4: Temperatura máxima (punteada fina) y mínima (punteada grande) (°C). Radiación Global (mJ/m^2) (línea llena). Datos de la estación climática San Miguel, (SMN). La línea superior marca el límite de 32° C y la línea inferior el de 10°C. Floración (VT) y Madurez Comercial (MC) para cada fecha de siembra.

En líneas generales, la incidencia del factor temperatura en el desarrollo y crecimiento de los cultivos fue despreciable, ya que 14 de los 16 días de bajas temperaturas ocurrieron antes de la siembra de la primera fecha de siembra, y los 2 restantes fueron aislados no ocurriendo de esta forma eventos de temperatura extrema que pudieran causar algún tipo de efecto que vaya en detrimento sobre el crecimiento y/o desarrollo del cultivo (Figura 5). La temperatura máxima media durante el ciclo del cultivo de las 3 fechas de siembra, en ningún momento superó los 30 grados. La temperatura media mínima experimentada por los cultivos fue siempre superior a los 16°C (Cuadro 2).

Las precipitaciones entre los meses de octubre y marzo fueron adecuadas para la producción de buenos rendimientos. Las lluvias acumuladas durante en el ciclo de los cultivos de la fecha de siembra 2 y 3 fueron semejantes entre si. Sin embargo, durante el ciclo de maíz en la fecha 1 las lluvias fueron las mayores (Cuadro 2).

Cuadro 2: Precipitaciones acumuladas durante el ciclo y Temperatura máxima, mínima y media promedio del ciclo del cultivo.

Siembra	Pp. total (mm)	Tmáx(°C) Media	Tmin(°C) Media	Tmedia(°C) Media
Fecha 1	512,2	27,3	16,8	22,1
Fecha 2	458,4	27,8	17,3	22,6
Fecha 3	438,7	29,1	19,2	24,1

No hubo diferencias en la radiación global incidente acumulada para los cultivos (MJ/m²) entre fechas de siembra. Sin embargo, en la etapa VT-Madurez Comercial, el cultivo sembrado en la fecha 3 habría recibido menos radiación incidente que los restantes cultivos (Cuadro 3). Es esperable que, un aumento en la radiación incidente interceptada por el cultivo se traduzca en un aumento proporcional de la tasa de crecimiento (Cárcova, 2003b).

Cuadro 3: Radiación acumulada (Mj/m²) En las fases emergencia-floración masculina; floración masculina- madurez comercial y total acumulado durante el ciclo de cultivos de maíz dulce sembrados en tres fechas.

Siembra	Radiación Acumulada (Mj/m ²)		
	E-VT	VT-MC	Total
Fecha 1	1231,9	359,3	1591,2
Fecha 2	1185,7	420,1	1605,8
Fecha 3	1374,9	180,2	1555,1

El maíz responde al fotoperiodo como una especie cuantitativa de día corto, lo cual implica que su ciclo se alarga, al alargarse la duración del día. Esta respuesta, generalmente se ve contrarrestada por el efecto de la temperatura, pero se pone de manifiesto cuando la fenología se expresa en tiempo térmico. Este tipo de respuesta evitaría que el ciclo se acorte excesivamente en razón del aumento de temperatura asociado con el atraso de la fecha de siembra (Cárcova, 2003). En nuestro caso, no se observan diferencias significativas cuando los resultados se expresaron en tiempo térmico (figura 5). Otegui y Pereira (2003) y Cirilo (2000a) no encontraron una sensibilidad marcada al fotoperiodo para los híbridos estudiados en Argentina, los cuales son genotipos seleccionados para ambientes templados.

Fecha de Siembra	S	Ve	Vt	Mc	Total TT (°C día)	Total Días
1	28/10/09	4/11/09	2/1/10	16/1/10		80
TT		77,2	696,9	279,2	1053,3	
2	9/11/09	15/11/09	6/1/10	22/1/10		74
TT		90,2	640,3	230,5	961,0	
3	5/12/09	10/12/09	5/2/10	15/2/10		72
TT		69	823,1	148,9	1040,9	

Figura 5: Fechas de ocurrencia de distintos estados de desarrollo en cultivos de maíz dulce sembrados en tres momentos. Tiempo Térmico (°C día) de las fases siembre-emergencia; emergencia-floración masculina; floración masculina- madurez comercial y tiempo térmico total.

A medida que se retrasó la fecha de siembra, se redujo la duración (días) del ciclo del cultivo, un retraso de 12 días en la siembra redujo la duración del ciclo en 6 días, mientras que un atraso de 32 días redujo la duración total del ciclo en 2 días más. Esto se debe al efecto universal que tiene la temperatura sobre la tasa de desarrollo acortando la duración de las fases (días) cuando las temperaturas son mayores (Figura 5). Al analizar la duración del ciclo y sus etapas en tiempo térmico ($^{\circ}\text{C}$ días) no se observaron diferencias entre las fechas 1 y 2, pero si para la tercer fecha. La duración de la fase E-VT fue mayor y la de la fase VT-MC menor en la fecha 3 respecto de las restantes fechas analizadas (figura 5) Pedrol et al. (2006) y Cirilo et al. (1992) observaron un acortamiento en la duración de las etapas S-E y E-VT, consecuencia de la respuesta de los genotipos a las diferentes temperaturas y fotoperíodos a los que estuvieron sometidos. En este caso las diferencias serían atribuibles a las respuestas del genotipo frente a los mayores fotoperíodos que habría experimentado en su etapa sensible (dentro del periodo E-VT) en la tercera fecha de siembra. Este comportamiento habría contribuido además a ubicar las etapas críticas de definición de la calidad y el rendimiento de este cultivo en condiciones térmicas y radiativas inferiores (Ver Cuadro 2, pág. 18; Cuadro 3, pág. 19 y Figura 4, pág. 17). Las siembras tardías generan altas tasas de crecimiento del cultivo durante la etapa vegetativa, pero bajas en el periodo reproductivo posterior a la floración (Cirilo, 2000a) ya que los niveles de radiación solar incidente durante esa etapa decaen progresivamente al avanzar la estación, acentuándose cuanto mayor es la latitud de la localidad y más se retrasa la fecha de siembra, reduciendo la producción de biomasa (Cirilo, 2000b). Cuando analizamos la duración de las

etapas en post floración observamos que a medida que atrasamos la fecha de siembra, es menor su duración cuando se expresa en TT (°C días), mientras que cuando lo expresamos en días calendario, la fecha 3 presentó una menor duración que las otras fechas, pero la fecha 2 duró más días que la fecha 1.

4.2. Crecimiento del Maíz:

Hubo diferencias significativas $p < 0,05$ entre fechas de siembra en todos los atributos de crecimiento evaluados. Las plantas más altas ocurrieron en los cultivos sembrados en la fecha 3. Pero, los cultivos de las fechas 2 y 3 no difirieron en la altura de inserción de la espiga, ni en el AF_v de las plantas en floración (Cuadro 4). Las plantas de los cultivos sembrados en la fecha 1 fueron las más bajas, la de menor altura de inserción de espiga y de menor AF_v (Cuadro 4). Estos resultados coinciden con reportes de la literatura, en que al atrasar la fecha de siembra, si no hay deficiencias de humedad, es mayor el crecimiento y el tamaño final de las plantas. (Pedrol et al, 2006).

Cuadro 4: Altura de la inserción de la panoja; altura de la inserción de la espiga y área foliar verde por planta (AF_v), para cada fecha de siembra. Se presenta la diferencia mínima significativa (DMS, $P < 0,05$). Letras distintas indican diferencias significativas.

FDS	Altura panoja	Altura Espiga	AF_v planta
1	118,74 (c)	34,73 (b)	2321,67 (b)
2	135,64 (b)	46,14 (a)	2826,30 (a)
3	197,10 (a)	49,04 (a)	2596,70 (a)
DMS	11,89	5,76	256,73

A partir de los valores medios de AF_v por planta en floración y recuentos de densidad efectuados en ese momento (datos no presentados) se pudo estimar el índice de área foliar (IAF) de los cultivos en cada fecha de siembra. El modelo propuesto por Maddonni y Otegui (1996), estima la fracción de radiación fotosintéticamente activa interceptada por el cultivo de maíz como una función exponencial del índice de área foliar $\rightarrow fIPAR = a (1 - e^{-k IAF})$. Donde

fIPAR es la fracción fotosintéticamente activa interceptada por el cultivo, **a** es una variable plateau y **k** es el coeficiente de atenuación (éste varía con el ángulo de inserción de las hojas, con el número de hojas y con diferencia del híbrido según la altura de la planta). El valor utilizado ($K = 0,64$), fue extraído de la literatura ya que no se determinó durante el ensayo. Éste se encuentra dentro del rango ($K = 0,46-0,64$) utilizado en el trabajo de Maddonni y Otegui (2006), por otra parte Gallo et al. (1993) utilizó ($k=0,52$). El **IAF** se calculó como la suma del AF_v de las hojas liguladas más el área final de las siguientes dos hojas por unidad de tierra (cm^2) ocupada por las plantas. En donde el AF_v , se calculó a partir de (**$A = 0,75 LW$**) Montgomery (1911). Donde **A** es el área foliar, **L**(cm) longitud de la hoja y **W** (cm) es el ancho de la hoja y 0,75 coeficiente de corrección. (fig 3, Pág. 14). Se eligió este modelo debido a que tanto en éste trabajo como en el de Jones y Kiniry, (1986); Muchow et al. (1990) y Gallo et al. (1993) se obtuvo una buena correlación con este tipo de set de datos (figura 6). Sobre este análisis, los cultivos sembrados en la tercer fecha de siembra habrían estado interceptando cerca del 65% de la radiación incidente como máximo en floración, mientras que los sembrados en la fecha 2 habrían llegado a valores cercanos al 80% en ese estado de desarrollo.

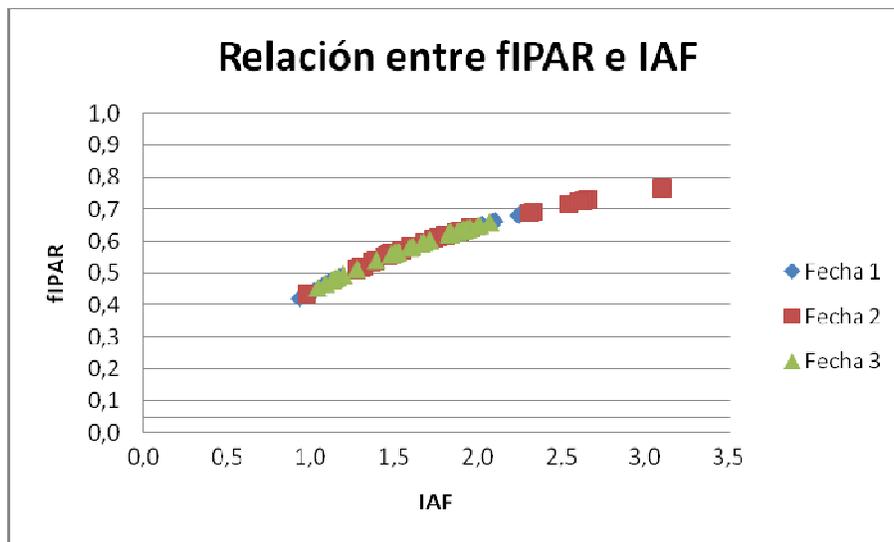


Figura 6: Relación entre fIPAR y el IAF de cultivos de maíz sembrados en 3 fechas. $fIPAR = 0,83 (1 - e^{-0,64 IAF})$ según Maddonni y Otegui, (1996).

El valor mínimo de IAF con el cual se alcanza el 95% de la intercepción se denomina IAF crítico (Cárcova, 2003b). En este trabajo ninguna de las 3 fechas de siembra superó el 80% de la radiación interceptada, por lo que estos cultivos nunca llegaron al IAF crítico. La fecha que mejor relación tuvo entre la radiación interceptada y el IAF, fue la 2, que es la presenta mayores valores de IAF, y por ende mayores valores de intercepción.

Se cree que los cultivos no llegaron al IAF crítico debido a que no se llegó a la densidad objetivo de 70000 pl/ha. Habiendo en promedio 3,5-4 pl/ m lineal, en vez de 5 pl/m lineal. Se debería haber asumido una densidad objetivo mayor (10%) para asegurarse las 5 pl/m lineal. Una de las posibles causas de la falla en el número final de plantas/m lineal pudo haber sido la precaridad de la maquinaria agrícola con la cual fue sembrado, ya que la sembradora no estaba en buenas condiciones. Otra fuente de desuniformidad podría estar relacionada con la variabilidad de la TCP ($g\ planta^{-1}\ dia^{-1}$), es probable que en cultivos con diferente disponibilidad de recursos por planta, los efectos de la

desuniformidad espacial sobre la variabilidad de TCP varien. (Olmos y Menéndez, 2005). Maddoni y Otegui (2005) encontraron que existía variabilidad en el tamaño y la TCP entre los diferentes individuos de un stand a raíz de la desuniformidad espacial de las plantas.

4.3 Rendimiento y Calidad Comercial

El rendimiento de maíz dulce se estima sobre el peso húmedo de la espiga (PH espiga, gr) ya que es el producto que se comercializa. La fecha 2 fue la que produjo el mayor rendimiento de espiga (270 gr/espiga). Entre la fecha 1 y 3 no se encontraron diferencias significativas y sus rendimientos fueron menores a la fecha 2 (Cuadro 5). Los valores de peso húmedo de la espiga fueron similares a los encontrados en la literatura, entre 200 y 350 gr/espiga (Di Benedetto, 2005). Al analizar la calidad comercial, vemos que el 100% de las mazorcas de los cultivos para la fecha 2 y 3 fueron comercializables, pero en la fecha 1 hubo un 12% de mazorcas no aptas para su comercialización, ya que tenían una longitud menor a 14 cm, y granos que no estaban cuajados (figura 7). La longitud de las mazorcas no presentaron diferencias significativas entre fechas aunque la fecha 2 fue la que presentó mayor longitud. El diámetro aunque presentó diferencias significativas estas diferencias agrónomicamente no presentan una diferencia importante. La fecha 1 presentó un menor diámetro de mazorcas que las fechas 2 y 3 (Cuadro 5).

Cuadro 5: Parámetros de Calidad Comercial. % de Mazorcas Comerciales; Diámetro de la Mazorca (cm); Longitud mazorca (cm) (DMS,P=0,05) para cada fecha de siembra. Se presenta la diferencia mínima significativa (DMS,P<0,05). Letras distintas indican diferencias significativas.

FDS	% Mazorcas Comerciales	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	PH espiga (gr)
1	88,33 (b)	15,01 (b)	17,41 (a)	190,52 (b)
2	100,00 (a)	16,03 (a)	18,56 (a)	270,03 (a)
3	100,00 (a)	16,03 (a)	17,41 (a)	204,03 (b)
DMS	6,98	0,048	1,196	58,41

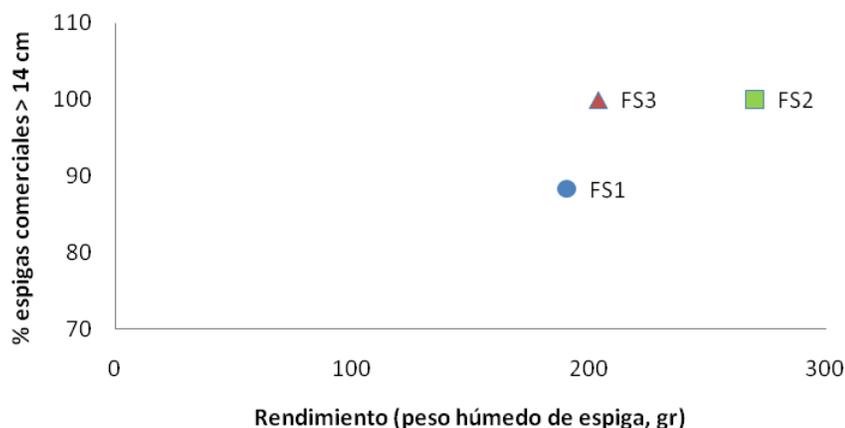


Figura 7: % espigas comerciales > 14 cm y rendimiento (peso húmedo de espiga, gr) para las 3 fechas de siembra.

Hubo diferencias significativas entre fechas de siembra para todos los atributos del rendimiento evaluados $p < 0,05$; (Cuadro 6). En la fecha 2 no solo se observaron los mayores rendimientos de peso húmedo, sino que el porcentaje de materia seca de las espigas fue el mayor. Los valores de humedad (%) fueron similares a los que se encuentran en la literatura 35-55% (Di Benedetto, 2005). Las espigas tuvieron mayor número de hileras en la fecha 3; sin embargo, el diámetro de las espigas resultó similar entre las fechas 2 y 3 (Cuadro 5) Entonces, las espigas de la fecha 2 tuvieron

mayor número de granos y de mayor tamaño que en la fecha 3 (Cuadro 6). En esta misma línea la relación grano marlo difirió en las 3 fechas de siembra siendo la fecha 2, la que presentó mayores valores (Cuadro 6, figura 8) este atributo caracteriza a un producto de buena calidad,preciado para el consumo humano. Es por eso que una correcta elección de la fecha de siembra va a permitir la obtención de un producto de alta calidad y mejor rendimiento.

Cuadro 6: Componentes y atributos del Rendimiento: Porcentaje de Humedad (H%); Número de hileras; Número de Filas; Número de Granos Comerciales por espiga y Relación Grano/Marlo. para cada fecha de siembra. Se presenta la diferencia mínima significativa (DMS,P=0,05). Letras distintas indican diferencias significativas

FDS	H %	Nº hileras (vertical)	Nº Filas (horizontal)	Nº Granos Comerciales	Gr/Marlo
1	52 (a)	14,75 (b)	23,87 (b)	394,70 (b)	0,92 (c)
2	38 (b)	15,85 (b)	28,08 (a)	446,05 (a)	2,57 (a)
3	54 (a)	21,37 (a)	18,32 (c)	384,23 (b)	1,97 (b)
DMS	0,095	2,634	3,855	45,416	0,294

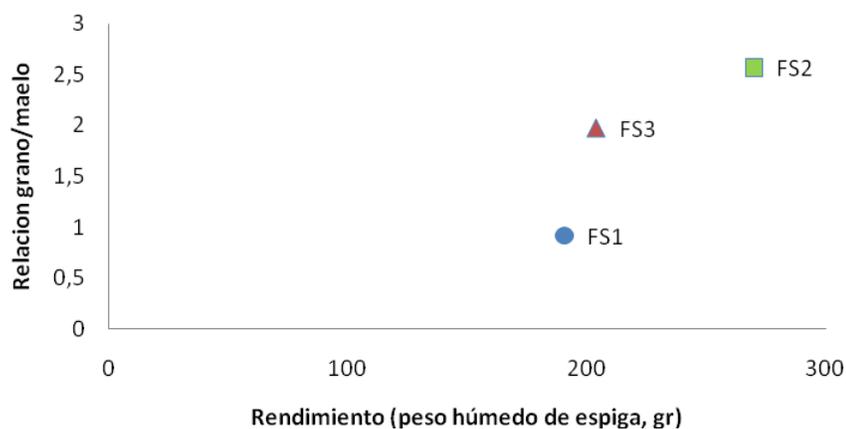


Figura 8: Relacion grano/marlo y rendimiento (peso húmedo de espiga, gr) para las 3 fechas de siembra.

5. Conclusiones:

La fecha óptima para la siembra de choclo en la localidad de Capilla del Señor resultó la 2 (9 de noviembre). En esta fecha, los cultivos presentaron mayor área foliar por planta y exploraron un ambiente con altos niveles de radiación global incidente y temperaturas adecuadas. Esto permitió obtener un mayor peso húmedo de la espiga comparado con las otras fechas de siembra y generar un producto de alto valor comercial. La caída marcada de la radiación desde fines de enero, junto con las altas temperaturas imperantes redujo marcadamente el rendimiento y calidad de los cultivos en la fecha 3 y, las condiciones de crecimiento redujeron la viabilidad comercial de las espigas formadas en un 12% en los cultivos de la fecha 1.

En contraposición a nuestra hipótesis inicial, en la cual planteábamos que el atraso de la fecha de siembra iba a reducir el tamaño y el peso de la espiga de maíz afectando su calidad comercial, nuestros resultados demostrarían que el comportamiento de maíz dulce en relación a fechas de siembras desde fines de octubre responde a un modelo de óptimo. Es decir, la siembra de noviembre tuvo en líneas generales mejor comportamiento que la siembra anterior y posterior, respectivamente. Este aspecto debería considerarse al planificar el resultado físico y comercial de siembras escalonadas de este cultivo en la región. Vigliola, (1996) recomienda siembras de primavera, luego de la fecha probable de última helada, además sugiere que es frecuente adelantar la fecha de siembra, arriesgando el cultivo por la helada a fin de obtener una producción anticipada de mayor valor comercial. Este mismo autor sugiere que para obtener una producción continua se puede sembrar al mismo tiempo cultivares de ciclo diferente, o realizar siembras

escalonadas con el mismo cultivar o mezclar ambos sistemas. Otra aclaración que hace Vigliola es que las espigas permanecen en buenas condiciones comerciales durante más tiempo a temperatura bajas que altas.

Es importante aclarar que los resultados obtenidos en el presente trabajo son obtenidos a partir de una sola campaña, por lo que considero necesario evaluar la respuesta del maíz dulce a la variación en la fecha de siembra en un mayor número de campañas para dar robustez a los resultados obtenidos y de esa forma recomendar las fechas tempranas a fines de octubre, principio de noviembre, que en mi caso resultó ser la que dieron mejores resultados en cuanto a rendimiento y calidad.

Bibliografía

- Cárcova, J.; Borrás, L.; Otegui, M.E. 2003a. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad de maíz. En: Satorre, E.H.; Benech Arnold, R.L.; Slafer, G.A.; de la Fuente, E.B.; Miralles, D.J.; Otegui, M.E.; Savin, R. 2003. Producción de granos: bases funcionales para su manejo. Ed. Facultad de Agronomía. Capítulo 8 135-163.
- Cárcova, J.; Abeledo, G.; Lopez Pereira, M. 2003b. Análisis de la generación del rendimiento: crecimiento, partición y componentes. En: Satorre, E.H.; Benech Arnold, R.L.; Slafer, G.A.; de la Fuente, E.B.; Miralles, D.J.; Otegui, M.E.; Savin, R. 2003. Producción de granos: bases funcionales para su manejo. Ed. Facultad de Agronomía. Capítulo 6: 75-95.
- Cirilo, A. 2000a. Fecha de siembra y rendimiento de maíz. (<http://www.bccba.com.ar/bcc/images/00001219fechad%20e%20siembra%20maiz.pdf>).
- Cirilo, A.; Andrade, F. 1992. Desarrollo del maíz en diferentes fechas de siembra. En: Actas V Congreso Nacional de Maíz. Tomo II 20-29.
- Di Benedetto, A. 2005. Cultivo de maíz dulce. Manejo de Cultivos Hortícolas bases ecofisiológicas y tecnológicas. Pag.: 331-343. Ed.: Orientación Grafica Editora SRL.
- Faiguenbaum, H. 1997. Maíz dulce: etapa reproductiva, maduración y cosecha. Agroeconómico N° 39(3): 30-37.
- Gallo, K.P., Daughtry, C.S.T. and Wiegand, C.L. 1993. Errors in measuring absorbed and computing crop radiation use efficiency. Agron. J., 85: 1222-1228.

- Jones, C.A. and Kiniry, J.R. 1986. CERES- Maize. A Simulation Model of Maize Growth and Development. Texas A&M University Press, College Station, TE.
- InfoStat (2008). *InfoStat, versión 2008. Manual del Usuario*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina.
- Kwabiah,A.B. 2004. Growth and yield of sweet corn (*Zea mays* L.) cultivars in response to planting date and plastic mulch in a short-season environment. *Scientia Horticulturae* N° 102 pag.:147–166.
- Luchsinger, A. L. y Camilo, F. 2008a. Cultivares de maíz dulce y su comportamiento frente a distintas fechas de siembra en la VI región. *IDESIA*. Volumen 26, N°2 pág.: 45-52.
- Luchsinger, A. L. y Camilo, F. 2008b. Rendimiento de maíz dulce y contenido de sólidos solubles. *IDESIA*. Volumen 26, N° 3 pág.: 21-29
- Muchow, R.C. Sinclair, T.R. and Bennett J, M., 1990. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. *Agron. J.*, 82 338-343.
- Maddonni, G.A. y Otegui, M.E. 2006. Intra-specific competition in maize: contribution of extreme plant hierarchies to grain yield, grain yield components and kernel composition. *Field crop research* 97 (2006) 155-166. Science Direct.
- Olmos, M. y Menéndez, F. 2005. Efectos de la desuniformidad espacial sobre el rendimiento de cultivos de maíz sembrados con diferentes densidades. *AIANBA*. Congreso Nacional de Maíz.

- Otegui, M.E y López Pereira, M. 2003. Fecha de Siembra. En: Satorre, E.H.; Benech Arnold, R.L.; Slafer, G.A.; de la Fuente, E.B.; Miralles, D.J.; Otegui, M.E.; Savin, R. 2003. Producción de granos: bases funcionales para su manejo. Ed. Facultad de Agronomía. Capítulo 12: 259-275.
- Pedrol, H. M.; Castellarín, J. M.; Rosso, O. 2006. Influencia de la fecha de siembra sobre la duración de las etapas de desarrollo en maíz. Reproducido por: Para mejorar la producción 32-INTA EEA Oliveros.
- Pedrol, H. M.; Castellarín, J. M.; Salvagiotti, F; Rosso, O. 2003. Estructura del cultivo de maíz. Efectos sobre el rendimiento en grano. Fechas de siembra, híbridos, distanciamiento entre hileras y densidad. Reproducido por: Para mejorar la producción 23-INTA EEA Oliveros.
- Ritchie, S.W. y Hanway, J.J. 1982. How a corn plant develops. Iowa State Univ. Special Report. 48. SAS Institute Inc. 1999. User's guide: statistics. 5th ed. SAS Inst., Cary, NC.
- Vigliola, M. I. et al. 1996. Gramíneas: Maíz Dulce. Manual de Horticultura Pag.: 187-193. Ed. Hemisferio Sur.
- Williams, M.M. and Lindquist, J.L., 2007. Influence of Planting Date and Weed Interference on Sweet Corn Growth and Development. Reproducido por Agronomy Journal. Publicado: American Society of Agronomy. Pág.:1066-1072.