

## INFLUENCIA DE MÉTODOS DE SIEMBRA Y DENSIDADES DE POBLACIÓN EN LA FORMACIÓN DE GRANOS EN MAÍZ

### SOWING PATTERNS AND PLANT DENSITIES INFLUENCE ON KERNEL FORMATION IN MAIZE

David Guadalupe Reta Sánchez<sup>1\*</sup>, Arturo Gaytán Mascorro<sup>1</sup>, José Simón Carrillo Amaya<sup>1</sup> y José Antonio Cueto Wong<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Campo Experimental La Laguna, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Apartado Postal 247. C.P. 27000. Torreón, Coah. México. Tel: 01 (871) 762-0202. Fax: 01 (871) 762-0715. Correo electrónico: retad@cirnoc.inifap.conacyt.mx <sup>2</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria, Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera. Apartado Postal 41, Cd. Lerdo, Dgo. México. C.P. 35150. Tel: 01 (871) 719-1076. Fax: 01 (871) 719-1134

\* Autor responsable

#### RESUMEN

El número de granos por mazorca es el componente del rendimiento más afectado por el aumento en la densidad de población en maíz (*Zea mays* L.). En este estudio se determinó la influencia de métodos de siembra y densidades de población en la formación de granos en híbridos de maíz con diferentes características agronómicas. Se realizaron dos experimentos en Matamoros, Coahuila, México; en 1998 se evaluó el híbrido 3025W en dos métodos de siembra (surcos sencillos a 0.76 m, y surcos dobles a 0.90 m) y en densidades de 5.5 a 16.5 plantas/m<sup>2</sup>; en 1999 se evaluaron los híbridos 3002W, 3025W y N7590 en densidades de 5.5 a 15.5 plantas/m<sup>2</sup>. Se determinó el número de óvulos por planta, porcentaje de aborto de óvulos y granos, área foliar por planta y peso seco del vástago a la floración. El incremento de 8 % en el número de óvulos por planta registrado en surcos dobles a 0.90 m de ancho con respecto a surcos a 0.76 m, no se reflejó en un mayor número de granos/m<sup>2</sup> porque hubo un aumento significativo de 2.2 % en el aborto de óvulos y granos por planta en surcos dobles. Al incrementar la densidad de 5.5 a 16.5 plantas/m<sup>2</sup> se disminuyó el número de óvulos por planta hasta en 42 %, lo cual se relacionó con valores bajos de área foliar y de peso seco por planta en densidades superiores a 5.5 plantas/m<sup>2</sup>. El mayor número de granos/m<sup>2</sup> de los híbridos 3025W y N7590 se relacionó con alto número de óvulos/m<sup>2</sup>, y bajos porcentajes de óvulos y granos abortados, y de plantas estériles.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., aborto de óvulos y granos, plantas estériles, área foliar.

#### SUMMARY

The number of kernels per ear is the yield component most affected by plant density increases in maize (*Zea mays* L.). In this study the influence of planting patterns and plant densities on kernel formation of maize hybrids differing in plant characteristics, was determined. Two field experiments were conducted in Matamoros, Coahuila, México. In 1998, the hybrid 3025W was planted in two patterns (single rows 0.76 m and twin rows 0.90 m) and plant densities from 5.5 to 16.5 plants/m<sup>2</sup>; in 1999 the hybrids 3002W, 3025W, and N7590 were evaluated at plant densities from 5.5 to 15.5

plants/m<sup>2</sup>. The number of ovules per plant, ovule and kernel abortion, kernel number/m<sup>2</sup>, leaf area per plant, and aboveground dry weight at flowering were determined. The number of ovules per plant was 8 % higher in twin rows 0.90 m than in single rows 0.76 m, but this increase did not produce a higher number of kernels/m<sup>2</sup>, because in twin rows there was a significant increase of 2.2 % in ovule and kernel abortion per plant. When plant density was increased from 5.5 to 16.5 plants/m<sup>2</sup> the number of ovule per plant was reduced up to 42 %. This behavior was related with low values of leaf area per plant and aboveground dry weight per plant. The higher number of kernels/m<sup>2</sup> in hybrids 3025W and N7590 was associated to a high number of ovules/m<sup>2</sup>, and to low percentages of ovule and kernel abortion, as well as barren plants.

**Index words:** *Zea mays* L., ovule and kernel abortion, barren plants, leaf area.

#### INTRODUCCIÓN

En maíz (*Zea mays* L.), el rendimiento de grano depende del número de granos por planta y del peso individual de los mismos. El número de granos por mazorca es el componente de rendimiento más afectado por condiciones ambientales adversas como alta densidad de población (Cox, 1996) y sombreado artificial (Reed *et al.*, 1988).

El número de granos por mazorca está determinado por el número potencial de óvulos diferenciados y la proporción de óvulos abortados en la mazorca. Según Cirilo y Andrade (1994), el número de granos por mazorca se determina durante el periodo comprendido entre 15 días anteriores y 15 días posteriores a la polinización. Por su parte, Tollenaar (1977) indica que el aborto de inflorescencias femeninas ocurre durante la floración, mientras que el aborto de granos inicia en la fecundación y puede continuar hasta 20 días después. Así, una reducción en el

número de granos puede deberse a un menor número de óvulos diferenciados antes de la floración, a una deficiente polinización y fecundación de óvulos, y al aborto de granos en desarrollo. El aumento en la densidad de población provoca disminución en el número de óvulos diferenciados (Iremiren y Milbourn, 1980) y en el número de granos formados, por la falta sincronización entre la floración masculina y la femenina (Daynard y Muldoon, 1983), además de causar aborto de granos en la mazorca (Tetio-Kagho y Gardner, 1988).

El maíz sometido a alta densidad de población o a sombreado artificial durante el periodo crítico para la formación de granos, presenta aumentos significativos en el porcentaje de granos abortados como consecuencia de un insuficiente suministro de fotosintetizados (Reed *et al.*, 1988; Tetio-Kagho y Gardner, 1988). La reducción del número de óvulos durante el periodo de emergencia de plantas hasta antes de la polinización depende del grado de competencia entre plantas. Reed *et al.* (1988) encontraron que el sombreado desde 10 días después de la emergencia de plantas hasta el inicio de la polinización, provocó una reducción de la actividad fotosintética; sin embargo, sólo hubo una disminución de 5 % en el número de granos. Cuando la radiación incidente durante el periodo emergencia de plantas a inicio de polinización se redujo entre 70 y 90 % mediante la aplicación de sombreado artificial, el número de granos por planta disminuyó entre 23 y 73 % con respecto al testigo (Early *et al.*, 1967).

Puesto que el peso medio del grano es generalmente menos afectado por los incrementos en la densidad de población (Tetio-Kagho y Gardner, 1988), es más importante estudiar los procesos que afectan la determinación del número de granos en maíz, para así proponer estrategias que conlleven a obtener mayor rendimiento en genotipos con diferente sensibilidad a la densidad de población.

La adaptación de algunos genotipos de maíz a las altas densidades de población está relacionada con un menor porcentaje de óvulos y granos abortados. Los genotipos con baja tolerancia al sombreado producen una alta proporción de plantas estériles (Stinson y Moss, 1960); por el contrario, la mayor capacidad de producción de granos por planta en genotipos tolerantes al sombreado, se relaciona con una menor proporción de plantas estériles y una mayor capacidad para formar mazorcas y granos en densidades de población altas, comportamiento que se atribuye a una mayor tasa de crecimiento del cultivo durante la emergencia de estigmas (Tollenaar *et al.*, 1992).

El objetivo del presente estudio fue determinar la influencia de métodos de siembra y densidades de población

en la formación de granos en híbridos de maíz con diferentes características agronómicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en terrenos del Campo Experimental La Laguna, localizado en Matamoros, Coahuila, México (25° 32' LN, 103° 14' LW y 1150 msnm). El suelo del área experimental es de textura migajón arcillosa. El primer experimento fue sembrado el 9 de julio de 1998, y el segundo se estableció el 14 de julio de 1999. En ambos experimentos la siembra se hizo en suelo húmedo.

En el experimento de 1998, los tratamientos fueron distribuidos en un factorial de 2 x 5, bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los niveles del factor "A" fueron dos métodos de siembra [surcos de 0.90 m sembrados a doble hilera (SD), con una distancia entre hileras de 0.30 m; y surcos sencillos a 0.76 m (SS)], y los niveles del factor "B" fueron cinco densidades de población (5.5, 9.1, 11.7, 14.6 y 16.5 plantas/m<sup>2</sup>). El genotipo utilizado fue el híbrido 3025W, de ciclo intermedio (65 días a floración), altura intermedia (2.4 m), hojas erectas y alto potencial de rendimiento. La parcela experimental consistió de ocho surcos de 12 m de longitud.

En virtud de que en 1998 no hubo diferencias en rendimiento de materia seca y de grano entre surcos a 0.90 m con doble hilera y los surcos sencillos a 0.76 m (método de siembra tradicional) (Reta *et al.*, 2000), en el experimento de 1999 se sustituyeron los tratamientos de métodos de siembra por híbridos con diferentes características agronómicas, y el maíz se estableció en surcos a 0.76 m. En este segundo experimento los tratamientos fueron distribuidos en un factorial 3 x 5 bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, en donde los niveles del factor "A" fueron tres híbridos de maíz (Pioneer 3002W, Pioneer 3025W y Novartis N7590) y los del factor "B" fueron cinco densidades de población (5.5, 8.5, 11.2, 13.0 y 15.5 plantas/m<sup>2</sup>). El híbrido Pioneer 3002W tiene un ciclo intermedio-tardío (69 días a floración), porte alto (2.7 m) y hojas no erectas, mientras que N7590 es de ciclo precoz (60 días a floración), porte bajo (2.2 m) y hojas erectas. Estos dos híbridos presentan alto potencial de rendimiento. La parcela experimental consistió de 10 surcos de 8 m de longitud.

En los dos experimentos el manejo del cultivo fue el recomendado en la región por el Campo Experimental La Laguna para obtener altos rendimientos (Carrillo, 1998). En 1998 se aplicaron cuatro riegos de auxilio a los 28, 53, 68, y 83 días después de la siembra (dds); la primera dosis de fertilización de 110N-100P-00K fue aplicada antes del

riego de presiembra, y luego se aplicó nitrógeno a 120 y 20 kg ha<sup>-1</sup> en el primero y segundo riegos de auxilio, respectivamente. En el verano de 1999 se aplicaron los riegos de auxilio a los 30, 43, 57, y 72 dds; la fertilización fue de 100N-100P-00K en la siembra y posteriormente se aplicaron 65, 40 y 70 kg de N/ha en el primero, segundo y tercer riego de auxilio, respectivamente. En los dos experimentos se realizó una escarda mecánica entre los 26 y 28 dds y se efectuaron cuatro aplicaciones de insecticida para el control de plagas durante el ciclo del cultivo; a los 20 y 32 dds se aplicó Clorpirifós 480CE® en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*); posteriormente, a los 62 y 75 dds se aplicó Ometoato 1000CE® en dosis de 0.5 L ha<sup>-1</sup> para el control de araña roja (*Tetranychus spp.*).

Para determinar el número potencial de óvulos por planta y de óvulos/m<sup>2</sup>, en ambos experimentos se muestrearon 10 plantas al azar con competencia completa en cada parcela experimental. Los muestreos se hicieron hasta que se alcanzó el máximo número de mazorcas primarias y secundarias con estigmas expuestos (10 días después del inicio de emergencia de estigmas en la mazorca principal), para asegurar así que los óvulos en las mazorcas colectadas tuvieran el potencial de ser fecundados. En cada mazorca se contó el número de hileras por mazorca y el número de óvulos en una hilera representativa, que incluye los óvulos fertilizados (granos en desarrollo) y los no fertilizados. Al multiplicar los promedios del número de hileras por mazorca, el número de óvulos por hilera y el número de mazorcas por planta, se obtuvo el número de óvulos por planta en cada parcela experimental. El número de óvulos/m<sup>2</sup> se estimó al multiplicar el número de óvulos por planta por la densidad de población. En madurez fisiológica, el número de granos por planta se determinó con el número de hileras por mazorca y el número de granos por hilera del total de mazorcas (primarias y secundarias) de 50 plantas al azar y con competencia completa en cada parcela experimental.

El porcentaje de óvulos y granos abortados en las mazorcas primarias y secundarias, se determinó al dividir la diferencia entre el número de granos a madurez y el número potencial de óvulos entre el número potencial de óvulos, y multiplicar todo por 100. Es decir, el valor obtenido incluye óvulos y granos que no alcanzaron la madurez como granos completamente desarrollados.

En los dos años de estudio, a los 10 días de iniciada la emergencia de estigmas se realizó un muestreo al azar de cinco plantas por parcela con competencia completa para determinar el peso seco del vástago y el área foliar por planta. Las plantas muestreadas fueron secadas en una estufa de aire forzado a 60 °C hasta peso constante.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental de cada experimento ( $P \leq 0.05$ ). La comparación de medias se hizo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). También se realizaron análisis de regresión para determinar la relación entre el área foliar por planta y el peso seco por planta, con el número potencial de óvulos por planta. El modelo de regresión fue seleccionado con base en el nivel de significación ( $P \leq 0.05$ ) y los valores más altos de coeficientes de determinación ( $R^2$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Número potencial de óvulos por planta

En 1998 se encontró diferencia significativa para densidad de población y método de siembra, mientras que en 1999 se detectó diferencia significativa para densidad de población y genotipos. En ambos años no hubo diferencia significativa para la interacción entre factores. El incremento de la densidad de población a valores superiores de 5.5 plantas/m<sup>2</sup> redujo significativamente el número potencial de óvulos por planta al momento de la floración. En 1998 el incremento de densidad de 5.5 a 16.5 plantas/m<sup>2</sup> redujo hasta en 41.8 % el número de óvulos por planta (Cuadro 1); asimismo en 1999 el aumento de densidad de 5.5 a 15.5 plantas/m<sup>2</sup> disminuyó el número de óvulos por planta hasta en 41.3 % (Cuadro 2). Esta disminución en el número potencial de óvulos en densidades superiores a 5.5 plantas/m<sup>2</sup>, sugiere que la competencia entre plantas desde la emergencia hasta floración afectó significativamente la diferenciación y formación de primordios florales por planta, como también lo consignan Iremiren y Milbourn (1980). Por otra parte, la distribución de plantas en surcos a 0.90 m sembrados a doble hilera incrementó en 8 % el número potencial de óvulos por planta, en comparación con la siembra en surcos a 0.76 m (Cuadro 1), probablemente como consecuencia de una menor competencia entre plantas durante el periodo comprendido entre emergencia y floración; al respecto, Bullock *et al.* (1988) señalan que el mayor rendimiento de materia seca y de grano del maíz establecido en equidistancia respecto a surcos tradicionales (0.76 m) se debe a la menor competencia entre plantas por agua, luz y nutrimentos. Por su parte, Barbieri *et al.* (2000) encontraron un mayor número de granos por mazorca en surcos a 0.38 m respecto a surcos tradicionales de mayor anchura, debido a que la tendencia a la equidistancia entre plantas en surcos estrechos incrementó la eficiencia de intercepción de energía solar.

En 1999 el híbrido N7590 de hojas erectas superó a los otros dos híbridos de maíz en el número potencial de óvulos por planta, debido a la formación de un mayor número de óvulos en la mazorca secundaria (Cuadro 2), lo que

indica que este híbrido presentó una mayor capacidad para diferenciar mazorcas secundarias, como lo consignan Tollenaar *et al.* (1992) en otros genotipos.

Cuadro 1. Número de óvulos por mazorca y número potencial de óvulos por planta del híbrido de maíz 3025W sembrado en cinco densidades de población y dos métodos de siembra, en 1998.

Tratamientos	Número de óvulos		Total por planta
	En mazorca principal	En mazorca secundaria	
<b>Densidad de población (Núm. de plantas/m<sup>2</sup>)</b>			
5.5	713.6 a †	502.3 a	1215.8 a
9.1	691.4 ab	360.8 b	1052.2 b
11.7	664.6 bc	190.6 c	855.2 c
14.6	645.2 dc	86.6 d	731.8 d
16.5	621.6 d	86.0 d	707.6 d
<b>Método de siembra</b>			
SS0.76‡	655.6 b	221.6 b	877.2 b
SD0.90	678.9 a	268.9 a	947.8 a

† Para cada variable dentro de cada columna, medias seguidas con la misma letra son significativamente iguales (Tukey, 0.05).

‡ SS0.76 = Surcos sencillos a 0.76 m; SD0.90 = Surcos a 0.90 m con doble hilera.

Cuadro 2. Número de óvulos por mazorca y número potencial de óvulos por planta en tres híbridos de maíz sembrados en cinco densidades de población, en 1999.

Tratamientos	Número de óvulos		Total por planta
	En mazorca principal	En mazorca secundaria	
<b>Densidad de población (Núm. de plantas/m<sup>2</sup>)</b>			
5.5	773.4 a †	576.1 a	1349.5 a
8.5	735.1 b	360.9 b	1096.0 b
11.2	676.6 c	198.4 c	875.1 c
13.0	685.1 c	171.1 cd	856.2 c
15.5	674.2 c	117.7 d	791.9 c
<b>Híbridos</b>			
3002W	765.0 a	188.9 c	954.0 b
3025W	691.4 b	290.7 b	982.1 b
N7590	670.2 b	374.8 a	1045.1 a

† Para cada variable dentro de cada columna, medias seguidas con la misma letra son significativamente iguales (Tukey, 0.05).

Valores mayores de peso seco del vástago, que corresponden a las menores densidades de población, se relacionaron significativamente con un número mayor de óvulos por planta a floración (Figura 1). La reducción del número de óvulos por planta observada en densidades superiores a 5.5 plantas/m<sup>2</sup> (Cuadros 1 y 2), parece estar relacionada con la menor acumulación de materia seca por planta, como sugieren Early *et al.* (1967). También, valores mayores de área foliar, que corresponden a las menores densidades de población, se relacionaron con un número mayor de óvulos por planta a floración. Sin embargo, el número de óvulos producidos por unidad de área foliar fue diferente en los híbridos de maíz evaluados en 1999, con un orden decreciente de eficiencia en N7590, 3025W y 3002W (Figura 1).

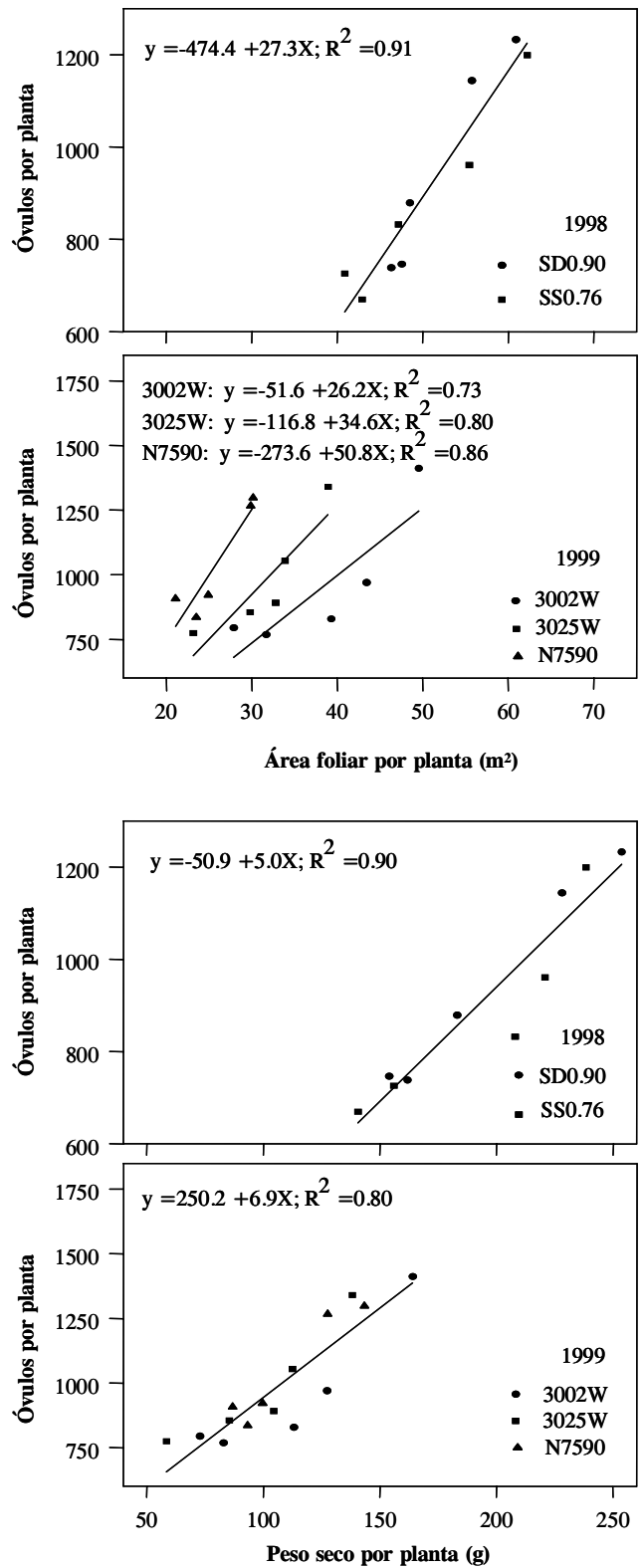


Figura 1. Relación entre el área foliar y peso seco por planta en floración con el número potencial de óvulos por planta, en tres híbridos de maíz, en 1998 y 1999.

**Formación y porcentaje total de óvulos y granos abortados por m<sup>2</sup> de suelo**

El número de granos cosechados en madurez se determina durante el periodo después de la fecundación y las fases tempranas del llenado de grano, como consecuencia del aborto de óvulos y granos (Tollenaar, 1977). Con el aumento de la densidad de población de 5.5 a 16.5 plantas/m<sup>2</sup> en 1998, el número de óvulos potenciales/m<sup>2</sup> se incrementó en 74.6 % (Cuadro 3), mientras que en 1999 el aumento de la densidad de 5.5 a 15.5 plantas/m<sup>2</sup> incrementó el número de óvulos potenciales/m<sup>2</sup> en 65.4 % (Cuadro 4). Sin embargo, con el aumento en la densidad de población también se incrementó el aborto de óvulos y granos durante el periodo de formación y llenado del grano, de manera que al aumentar la densidad de 5.5 a 16.5 plantas/m<sup>2</sup> en 1998 se incrementó el aborto de óvulos y granos en 24 % en la mazorca primaria y en 10 % en la mazorca secundaria (Cuadro 3). Un comportamiento similar se presentó en 1999 al aumentar la densidad de 5.5 a 15.5 plantas/m<sup>2</sup>, con un incremento en el aborto de óvulos en la mazorca primaria de 25.7 % y de 3.6 % en la mazorca secundaria (Cuadro 4). Debido a que se presentó un mayor porcentaje de óvulos y granos abortados conforme se incrementó la densidad de población, en 1998 el número de granos/m<sup>2</sup> que llegaron a madurez sólo se incrementó significativamente (38 %) al aumentar la densidad de 5.5 a 9.1 plantas/m<sup>2</sup> (Cuadro 3) mientras que en 1999 el aumento en densidad de 5.5 a 11.2 plantas/m<sup>2</sup> incrementó en 35 % el número de granos/m<sup>2</sup> (Cuadro 4).

*Cuadro 3. Número de óvulos/m<sup>2</sup>, número de granos/m<sup>2</sup> y el porcentaje de óvulos y granos abortados en el híbrido de maíz 3025W sembrado en cinco densidades de población y dos métodos de siembra, en 1998.*

Tratamientos	Número de óvulos/m <sup>2</sup>	Porcentaje de óvulos y granos abortados/m <sup>2</sup>			Número de granos/m <sup>2</sup>
		En mazorca principal	En mazorca secundaria	Total por planta	
<b>Número de plantas/m<sup>2</sup></b>					
5.5	6687 d <sup>†</sup>	36.2 c	89.8 b	58.4 b	2778 b
9.1	9576 c	39.8 c	98.4 a	59.5 b	3823 a
11.7	10006 bc	49.8 b	99.1 a	60.6 b	3919 a
14.6	10684 b	56.3 a	99.1 a	61.4 b	4115 a
16.5	11676 a	60.3 a	99.6 a	65.0 a	4074 a
<b>Método de siembra</b>					
SS0.76	9341 b	48.3 a	96.8 a	59.9 b	3705 a
SD0.90	10111 a	48.6 a	97.6 a	62.1 a	3779 a

<sup>†</sup> Para cada variable dentro de cada columna, medias seguidas con la misma letra son significativamente iguales (Tukey, 0.05).

La distribución de plantas en surcos a 0.90 m con doble hilera de plantas favoreció la producción de un mayor número de óvulos/m<sup>2</sup> respecto a surcos a 0.76 m; sin embargo, debido al mayor porcentaje de óvulos y granos abortados en los surcos dobles (2.2 %), no se presentaron diferencias significativas entre métodos de siembra para el número de granos/m<sup>2</sup> (Cuadro 3).

*Cuadro 4. Número de óvulos/m<sup>2</sup>, número de granos/m<sup>2</sup>, y porcentaje de óvulos y granos abortados en tres híbridos de maíz sembrados en cinco densidades de población, en 1999.*

Tratamientos	Número de óvulos/m <sup>2</sup>	Porcentaje de óvulos y granos abortados/m <sup>2</sup> <sup>†</sup>			Número de granos/m <sup>2</sup>
		En MP	En MS	Total	
<b>Número de plantas/m<sup>2</sup></b>					
5.5	7422 d <sup>†</sup>	41.1 e	96.1 b	64.9 b	2591 c
8.5	9316 c	46.0 d	99.4 a	63.6 b	3368 b
11.2	9801 c	53.4 c	99.5 a	64.2 b	3487 ab
13.0	11130 b	58.2 b	99.9 a	66.8 b	3668 a
15.5	12274 a	66.8 a	99.7 a	71.9 a	3441 b
<b>Híbridos</b>					
3002W	9498 b	65.9 a	99.5 a	72.4 a	2519 c
3025W	9877 ab	49.3 b	98.6 b	63.2 b	3588 b
N7590	10591 a	44.1 c	98.7 b	63.2 b	3827 a

<sup>†</sup> MP = mazorca principal; MS = mazorca secundaria.

<sup>†</sup> Para cada variable dentro de cada columna, medias seguidas con la misma letra son significativamente iguales (Tukey, 0.05).

En la madurez fisiológica, la respuesta de los genotipos al incremento en densidad de población fue diferente, de acuerdo a su potencial genético y a su capacidad de adaptación a altas densidades de población. El híbrido 3002W mostró menor tolerancia a incrementos en densidad de población, comportamiento que se reflejó en una menor producción de granos por planta y por metro cuadrado, y en un mayor porcentaje de plantas estériles que los híbridos 3025W y N7590, en todas las densidades de población evaluadas (Figura 2), lo cual es similar al comportamiento observado en otros estudios con otros genotipos de maíz (Stinson y Moss, 1960; Tollenaar *et al.*, 1992). La menor capacidad para la producción de granos que mostró el híbrido 3002W con respecto a los otros híbridos se manifestó desde la formación del menor número potencial de óvulos y el mayor porcentaje de óvulos y granos abortados, lo que redujo el número de granos totalmente desarrollados (Cuadro 4).

Es importante señalar que la producción de grano en la mazorca secundaria fue altamente sensible al aumento de la densidad de población en los genotipos evaluados en los dos años de estudio. De hecho, en la densidad de población más baja (5.5 plantas/m<sup>2</sup>), la mazorca secundaria logró contribuir a la formación de granos/m<sup>2</sup> con 10 % de los óvulos diferenciados en 1998 (Cuadro 3), y 4 % en 1999 (Cuadro 4). Cuando la densidad fue superior a 5.5 plantas/m<sup>2</sup>, la contribución de la mazorca secundaria al número de granos en madurez fue inferior a 2 % en todos los casos (Cuadros 3 y 4).

La formación de un mayor número potencial de óvulos/m<sup>2</sup> debido al incremento de la densidad de población puede ser importante para la obtención de un mayor número de granos/m<sup>2</sup>, de acuerdo con las características del genotipo utilizado. Esta relación únicamente fue significativa para 3025W y N7590, ya que además de un alto potencial

en el número de óvulos formados, también presentaron un menor porcentaje de óvulos y granos abortados (Cuadro 4).

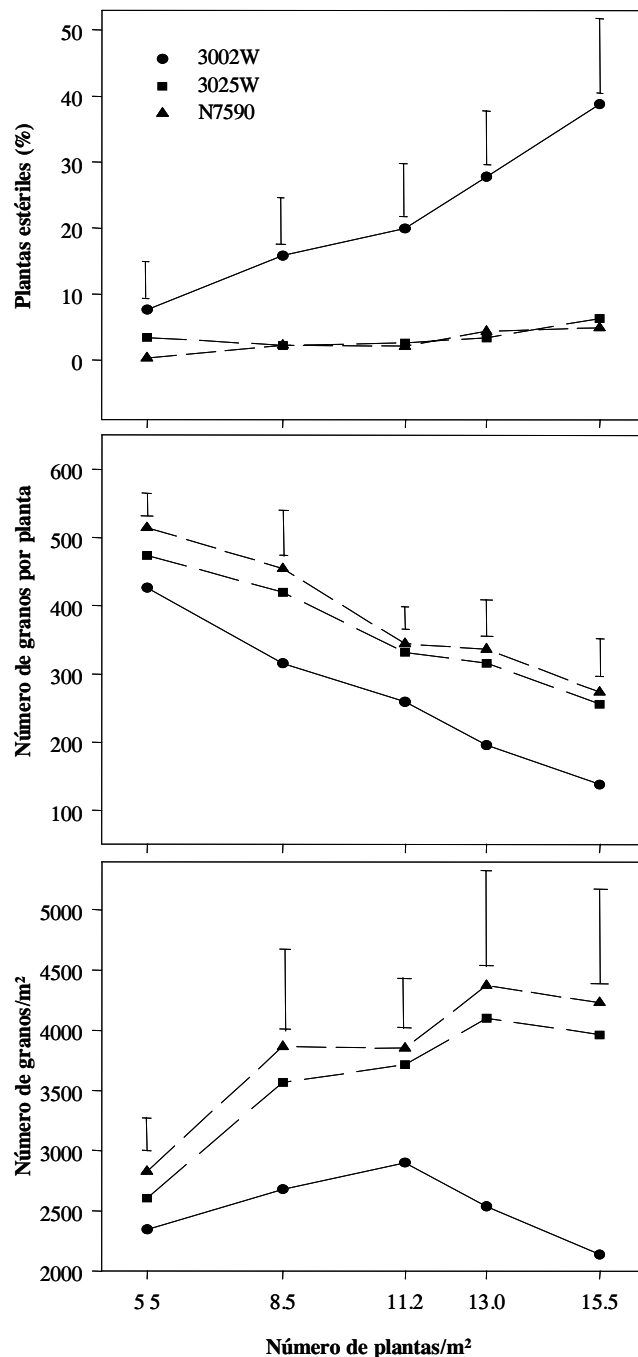


Figura 2. Componentes del rendimiento de tres híbridos de maíz sembrados en cinco densidades de población en 1999. Las barras verticales representan la diferencia significativa honesta para la comparación de medias de híbridos de maíz para una misma densidad de población (Tukey, 0.05).

## CONCLUSIONES

La distribución de plantas en surcos dobles a 0.90 m incrementó en 8 % el número de óvulos por planta comparado con la siembra en surcos tradicionales (0.76 m), aunque esto no se reflejó en un mayor número de granos/m<sup>2</sup>, debido al aumento de 2.2 % en el número de óvulos y granos abortados. Al incrementar la densidad de 5.5 a 16.5 plantas/m<sup>2</sup> se disminuyó el número de óvulos por planta hasta en 42 %, lo cual se relacionó con valores bajos de área foliar y de peso seco por planta en densidades superiores a 5.5 plantas/m<sup>2</sup>. Los híbridos 3025W y N7590 tuvieron el mayor número de granos/m<sup>2</sup> lo cual estuvo en relación con el alto potencial de óvulos/m<sup>2</sup> y el menor porcentaje de óvulos y granos abortados y de plantas estériles aún en las densidades de población más altas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barbieri P A, H R Sainz Rozas, F H Andrade, H E Echeverría (2000) Row spacing effects at different levels of nitrogen availability in maize. *Agron. J.* 92:283-288.
- Bullock D G, R L Nielsen, W E Nyquist (1988) A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Sci.* 28: 254-258.
- Carrillo A J S (1998) El cultivo del maíz en la Región Lagunera. Desplegable para productores No. 3. CELALA-CIRNOC-INIFAP.
- Cirilo A G, F H Andrade (1994) Sowing date and maize productivity: II. Kernel number determination. *Crop Sci.* 34:1044-1046.
- Cox W J (1996) Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. *Agron. J.* 88:489-496.
- Daynard T B, J F Muldoon (1983) Plant-to-plant variability of maize plants grown at different densities. *Can. J. Plant Sci.* 63:45-59.
- Early E B, W O McIlrath, R D Seif, R H Hageman (1967) Effects of shade applied at different stages of plant development on corn (*Zea mays* L.) production. *Crop Sci.* 7:151-156.
- Iremiren G O, G M Milbourn (1980) Effects of plant density on ear barrenness in maize. *Expl. Agric.* 16:321-326.
- Reed A J, G W Singletary, J R Schussler, D R Williamson, A L Christy (1988) Shading effects on dry matter and nitrogen partitioning, kernel number and yield of maize. *Crop Sci.* 28:819-825.
- Reta S D G, A Gaytán M, J S Carrillo A (2000) Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Rev. Fitotec. Mex.* 23:37-48.
- Stinson H T, D N Moss (1960) Some effects of shade upon corn hybrids tolerant and intolerant of dense planting. *Agron. J.* 52:482-484.
- Tetio-Kagho F, F P Gardner (1988) Responses of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield and yield adjustments. *Agron. J.* 80:935-940.
- Tollenaar M (1977) Sink-source relationships during reproductive development in maize. A review. *Maydica* 22:49-75.
- Tollenaar M, L M Dwyer, D W Stewart (1992) Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario. *Crop Sci.* 32:432-438.