Rev. Fitotec. Mex. Vol. 23. 227-238. 2000

# PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE HÍBRIDOS DE MAÍZ EN SUELOS CON DIFERENTE CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD EN EL VALLE DE PUEBLA

# SEED PRODUCTION OF MAIZE HYBRIDS IN SOILS WITH DIFFERENT MOISTURE WITHHOLDING CAPACITY IN THE PUEBLA VALLEY

**Pedro Antonio López[1], Aquiles Carballo Carballo[2], Ángel Martínez Garza[2] e Higinio López Sánchez[1]**

## RESUMEN

Debido al escaso abasto de semilla certificada para zonas de temporal como el Valle de Puebla y a la necesidad de tecnología apropiada para la producción de semilla en esta zona, en 1994 se condujo el presente estudio teniendo como objetivos: a) evaluar el potencial productivo de suelos de humedad residual, y b) definir la época de siembra apropiada en la zona para producir semilla de dos híbridos de maíz. Se estableció un experimento en Tlaltenango y otro en Capultitlán, Pue., en suelos con capa freática alta (Ambiente 1) y suelos de humedad residual (Ambiente 2), respectivamente. Se evaluaron tres fechas de siembra para producir los híbridos HCP-2 y HCP-3. Se midieron altura de planta, días a floración masculina en los machos y femenina en la hembra, así como rendimiento de grano, de semilla y de semilla clasificada. Existieron diferencias estadísticas entre localidades en la capacidad de retención de humedad por el tipo de suelo, influyendo en el comportamiento agronómico y en los rendimientos obtenidos. Con las fechas de siembra tempranas el comportamiento de progenitores y el rendimiento fueron mejores. El mejor comportamiento agronómico y los mejores rendimientos se obtuvieron en el Ambiente 1, sembrando en la primer quincena de abril.

## PALABRAS CLAVE ADICIONALES

*Zea mays* L., fechas de siembra, suelos de humedad residual, capa freática.

## SUMMARY

In response to the scarce supply of certified seed for dryland zones like the Puebla Valley, and to the necessity of developing seed technologies for this valley, a study was conducted during 1994. The main objectives of the study were: a) to evaluate the production potential of residual moisture soils, and b) to define the most adequate sowing season for seed production of two maize hybrids. Two experiments were planted: one at Tlaltenango, Pue. in a soil with high water table (Environment 1), and another one at Capultitlán, Pue. in a soil with residual moisture (Environment 2). In each experiment, three planting dates to produce the hybrids HCP-2 and HCP-3 were evaluated. The measured variables were: plant height, days to male flowering in the males, days to female flowering in the female, grain yield, seed yield and yield of classified seed. There were statistical differences between locations for soil moisture withholding capacity. Such differences influenced both the agronomic performance and the yield recorded. Earlier dates resulted in a better agronomic performance and yield of the progenitors. The best seed yields and the best agronomic performance were achieved by planting during the first fifteen days of April in the Environment 1.

## ADDITIONAL INDEX WORD

*Zea mays* L., sowing dates, residual moisture soils, water table.

1 Colegio de Postgraduados. Campus Puebla. Km. 125.5 Carretera Federal México-Puebla, Col. La Libertad, Apdo. Postal No. 1-12. C.P. 72130 Puebla, Puebla. Tel. y Fax: 01(2) 285-1444 Y 285-1442 Ext. 2032.

2 Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230 Montecillo, Estado de México. Tel. y Fax: 01(5) 95-20200 Ext. 1552 y 65-20262,

**Fecha de Recepción: 21 de Enero de 1998.**
**Fecha de Aprobación: 24 de Mayo del 2000.**

## INTRODUCCIÓN

Con la estrategia de fitomejoramiento en los nichos ecológicos, en el área del Plan Puebla se generaron los híbridos de maíz HCP-2 y HCP-3, combinando características de criollos locales y variedades mejoradas. Para el continuo entre la obtención, difusión, producción y distribución de semilla de las variedades en nichos ecológicos, se debe generar la tecnología *in situ*, pues para grandes empresas productoras puede ser poco atractivo manejar un gran número de variedades con adaptación limitada, en cambio puede ser práctico producir esta semilla a pequeña escala, con productores de cada nicho. Con el presente trabajo se buscó: a) evaluar el comportamiento de los progenitores de dos híbridos de maíz y el rendimiento de semilla en dos niveles de humedad residual, en el Valle de Puebla; b) determinar la época de siembra que optimice el comportamiento agronómico y el rendimiento de semilla. Con los supuestos de que: a) el comportamiento agronómico y el rendimiento de semilla son afectados en forma distinta al realizar la producción en suelos con diferente nivel de humedad residual; y b) al adelantar o retrasar la fecha de siembra, en relación a la época recomendada en la zona, el comportamiento agronómico y el rendimiento de semilla aunque son afectados, permiten lograr el aislamiento necesario y una producción aceptable.

## REVISIÓN DE LITERATURA

García (1985) establece que de los insumos agrícolas el más barato e importante es la semilla, ya que según su constitución genética será la respuesta del cultivo al ambiente y al manejo. En México, el uso de semilla mejorada de maíz se limita a zonas de alto potencial y aún ahí es poca la superficie cubierta, pues a nivel nacional se cubre 20% del área cultivada y en la Mesa Central sólo 3% (Arellano *et al.*, 1983). En 1989 la producción de semilla mejorada de maíz cubrió sólo 14% de la demanda potencial (Peña y Arellano, 1990).

El ambiente de producción es el conjunto de factores, controlables y no controlables, en que se desarrolla un cultivo; los primeros son propios del manejo agronómico y los segundos son debidos al ambiente. El desarrollo y reacciones de la planta dependen de varios factores, entre ellos el genotipo de la semilla, que le confiere por sí mismo un nivel de vigor a ésta y le da cierta habilidad para amortiguar efectos desfavorables del ambiente (Dickson, 1980). El crecimiento y desarrollo de los vegetales, como respuesta a los factores señalados, está sujeto al fenómeno de periodicidad (Romo y Arteaga, 1989).

Carballo (1993) señala que es importante que la producción de semilla de maíz se realice en áreas de adaptación de la variedad, para evitar cambios por selección natural, efectos del clima, suelo, plagas y enfermedades, ya que el cambio de ambiente de producción de semilla afecta componentes de rendimiento y caracteres morfológicos y fisiológicos (Cruz *et al.*, 1985). La falta de humedad en etapas críticas amplía el período de floración de progenitores de híbridos de maíz, dificultando la producción de semilla por asincronía. Cada genotipo debe multiplicarse en su condición óptima, considerando máxima productividad y calidad (Espinosa y Carballo, 1986).

Para producir semilla de maíz es difícil alcanzar un aislamiento adecuado en zonas maiceras, entonces debe considerarse un período fuera de las fechas comerciales, a fin de alcanzar un aislamiento por tiempo, que implica la ausencia de polen contaminante en el período de estigmas receptivos. Existe una época en la cual se debe ajustar la mejor fecha de siembra para que el cultivo no se exponga a factores ambientales adversos; la fecha

óptima se relaciona con el objetivo del cultivo, ciclo, localidad y recursos disponibles (Reyes, 1990). En maíz, los altos rendimientos se asocian a siembras tempranas y cosecha oportuna de mazorcas bien llenas y libres de enfermedades (Curtis, 1980). De acuerdo con Schumway *et al.* (1992) las siembras atrasadas de maíz reducen 15.2% el rendimiento de grano, el peso del grano 6.8%, la densidad de grano 1.8% y la dureza del grano 4.4%.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el ciclo primavera-verano de 1994, en el área de influencia del Plan Puebla. CIMMYT (1974) señala que esta zona tiene clima templado, con inviernos moderados y lluvias en verano, con mayo y junio como los meses más cálidos. Las temperaturas medias mensuales durante el crecimiento del maíz varían de 18.5°C en mayo a 15.7°C en octubre (Cuadro 1), con heladas entre octubre y marzo. La precipitación media anual es de 856.2 mm (García, 1981).

Según CIMMYT (1974), se definen siete grupos de suelos en el área del Plan Puebla, dos de los cuales se describen a continuación: Los suelos profundos del Popocatépetl cubren 22.2% del área, la textura de los 20 a 40 cm superiores es migajón-arenoso; con menos de 0.5% de materia orgánica, pH alrededor de 6.5, alto contenido de potasio y calcio, alto en fósforo. Bajo este horizonte subyace una capa de unos 2 m de profundidad con textura migajonosa o de migajón-arcilloso, responsable en gran medida de la alta productividad de estos suelos. Si se preparan apropiadamente estos suelos pueden ser sembrados en abril con la humedad residual del año anterior, por lo cual son llamados localmente "suelos de humedad residual". Los suelos de capa freática alta cubren 5% del área. La profundidad de la capa freática varía con la proximidad al río Atoyac y con la estación del año. Cuando la capa se encuentra a 50 cm de profundidad se obtienen producciones altas de maíz y alfalfa. Son de colores oscuros, de textura franca, ricos en materia orgánica; con pH alrededor de 7.5 y presentan un perfil poco desarrollado.

### Ambientes

El ambiente $A_1$ fue representado por la localidad de Tlaltenango, Pue., en suelo de napa freática alta, profundo, con capacidad de retención de humedad relativamente alta durante la estación de crecimiento. El ambiente $A_2$ estuvo representado por la localidad de Capultitlán, Pue., en suelo del tipo pomáceo del Popocatépetl, profundo y con menor capacidad de retención de humedad.

### Fechas de siembra

Se realizaron tres fechas de siembra: siembra adelantada (F1) 30 de marzo y 8 de abril, siembra normal (F2) 15 y 26 de abril y siembra tardía (F3) 3 y 13 de mayo, en los ambientes $A_1$ y $A_2$, respectivamente.

### Genotipos

La semilla básica de las líneas Comp129-19 y CompS-8 se usó como progenitor masculino de los híbridos HCP-2 y HCP-3, respectivamente; como hembra, se usó semilla básica de la variedad Pinto Salvatori. La semilla fue facilitada por el programa de Mejoramiento Genético del Campus Puebla-Especialidad de Genética, del Colegio de Postgraduados.

El diseño experimental fue bloques completos al azar, con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones por ambiente; las fechas de siembra se asignaron a las parcelas grandes y los genotipos a la parcela chica. La unidad experimental fueron ocho surcos de 7 m de largo, separados a 0.90 m, con 15 matas por surco y dos plantas por mata

Cuadro 1. Temperatura (T en °C) y precipitación (Pp en mm) media mensual en la estación de Huejotzingo, Pue. (promedio de 39 años).

| Mes | T en °C | Pp en mm | Mes | T en °C | Pp en mm |
|---|---|---|---|---|---|
| Enero | 12.1 | 9.3 | Julio | 17.1 | 166.4 |
| Febrero | 13.4 | 5.6 | Agosto | 17.2 | 165.6 |
| Marzo | 16.0 | 9.7 | Septiembre | 16.6 | 159.4 |
| Abril | 17.3 | 26.3 | Octubre | 15.7 | 72.2 |
| Mayo | 18.5 | 68.7 | Noviembre | 13.6 | 18.1 |
| Junio | 18.2 | 146.2 | Diciembre | 12.3 | 8.8 |

(45000 plantas.ha$^{-1}$). En cada orilla se sembraron dos surcos con las líneas correspondientes, sembrándose los cuatro surcos centrales con el Pinto Salvatori; la parcela útil fueron los dos surcos centrales de la hembra (12.6 m$^2$).

Las labores culturales se realizaron como se acostumbra en la región; se aplicó la fórmula de fertilización 180-90-40, usando urea, super fosfato de calcio triple y cloruro de potasio, como fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente; a la siembra se aplicó un tercio del nitrógeno, todo el fósforo y el potasio; el resto del nitrógeno se aplicó en la segunda labor. Se desespigó la hembra.

Se midieron variables vegetativas y de floración, así como de cosecha y rendimiento. El primer grupo de variables incluyó la altura de planta (en centímetros) en machos (AM) y hembra (AH), midiendo de la base del suelo hasta la primera ramificación de la espiga; días al 50% de antesis en los machos (FMM) y al 50% de desespigue de la hembra (DDH); días al 50% de emisión de estigmas (FFH) y período de desespigue en la hembra (PD). Del segundo grupo de variables se evaluó porcentaje de plantas cuateras (PC) y de mazorcas comerciales (PMC), factor de desgrane (FD), y rendimiento de grano (RG), de semilla (RS) y de semilla clasificada (RSC), en kg.ha$^{-1}$.

En cada localidad se instaló un pluviómetro; la humedad del suelo se muestreó a tres profundidades: 0-15, 15-30 y 30-45 cm, se determinó la capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). Se graficaron la distribución de la lluvia y la humedad en el suelo. Para el ambiente $A_2$ se emplearon los datos de lluvia y temperaturas extremas de la estación ubicada en Huejotzingo, Pue. En $A_1$ se muestreó la humedad del suelo hasta la cuarta semana del mes de julio.

Se realizó un análisis combinado para cada variable, mediante el procedimiento PROC ANOVA de SAS (Statystical Analysis System). En la comparación de medias se empleó la prueba de Tukey ($\alpha$=0.05).

## RESULTADOS

### Análisis de varianza

Hubo diferencias altamente significativas entre ambientes (A) en nueve variables y diferencias significativas sólo en una. Entre fechas de siembra (F), hubo diferencias altamente significativas en ocho variables y en una las diferencias fueron significativas. Las diferencias altamente significativas entre genotipos (G) se observaron en tres variables y las diferencias significativas sólo en dos, con tendencia a aparecer estas diferencias en las

características vegetativas y de floración (Cuadro 2).

En el Cuadro 2 resalta que la interacción AF tuvo diferencias significativas y altamente significativas en un mayor número de caracteres; mientras que para las interacciones AG, FG y AGF sólo hubo significancia en tres variables.

### Ambientes

La precipitación total en ambas localidades durante el desarrollo del cultivo superó los 500 mm (Figuras 1a y 2a). En $A_1$ existió un período de sequía intraestival de tres semanas (Figura 1a), bajando la humedad del suelo en el estrato 0-15 cm al punto de marchitez permanente; sin embargo, a profundidad de 15-45 cm el nivel se mantuvo dentro del rango de humedad aprovechable (Figura 1b), siendo ésta de 13.5%; mientras que en $A_2$ esta constante fue de 7.3%; con marcada diferencia en la retención de humedad entre los dos tipos de suelo.

En altura de planta de hembra y machos, porcentaje de mazorcas comerciales y factor de desgrane, así como en los rendimientos, el comportamiento en $A_1$ fue superior, respecto a $A_2$. Los días a desespigamiento y los días a floración femenina de la hembra fueron similares en los dos ambientes (Cuadro 3).

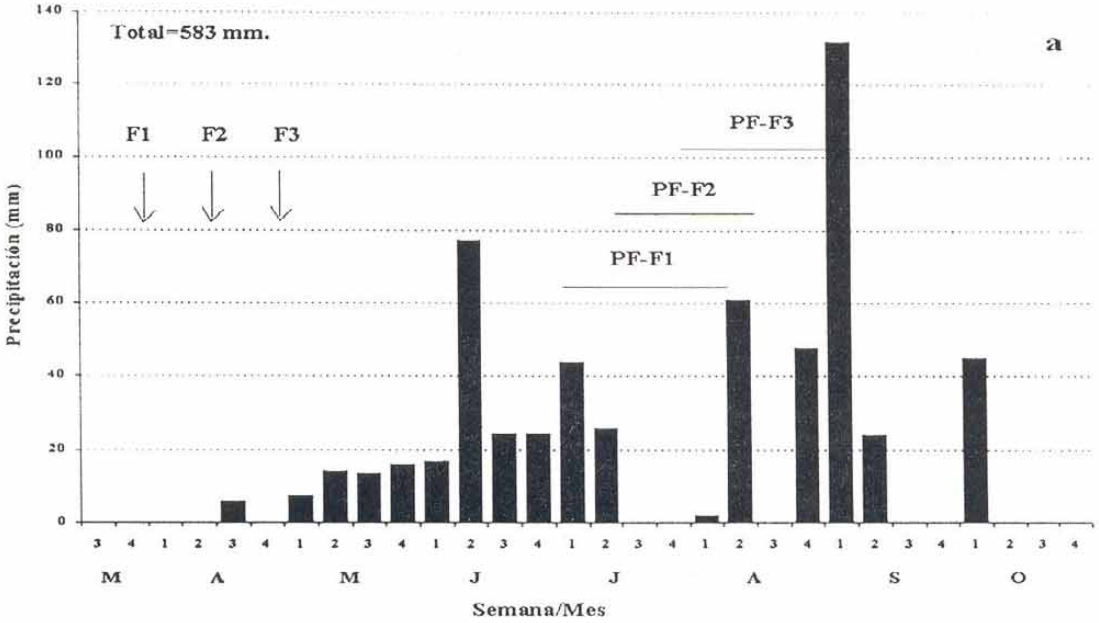
### Fechas de siembra

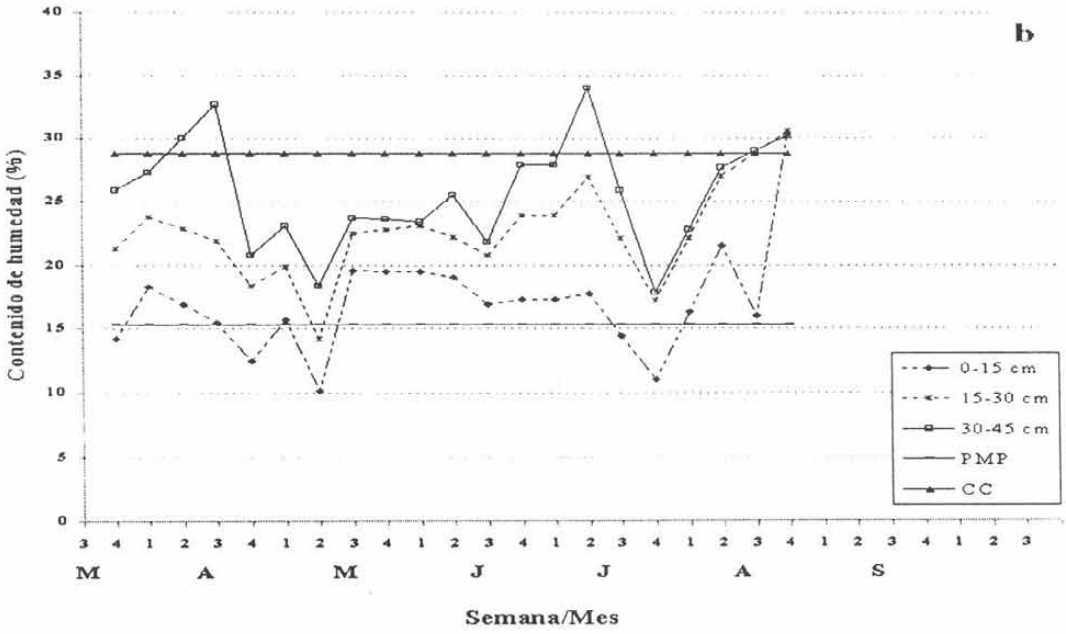
La altura de planta en hembra y machos fue similar en las dos primeras fechas, la tercer fecha afectó a los machos. En las tres fechas de siembra fue mayor la diferencia en altura de

Cuadro 2. Significancia de los factores de variación en características de progenitores de los híbridos HCP-2 y HCP-3 en 1994.

| | | Variable | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F.V. | G.L. | AM | AH | FMM | DDH | FFH | PD | PC | PMC | FD | RG | RS | RSC |
| A | 1 | ** | ** | ** | Ns | * | Ns | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| F | 2 | ** | ** | * | ** | Ns | Ns | ** | Ns | ** | ** | ** | ** |
| AF | 2 | ** | Ns | Ns | Ns | Ns | Ns | * | * | Ns | * | * | * |
| G | 1 | ** | Ns | ** | ** | Ns | * | Ns | Ns | Ns | Ns | * | Ns |
| AG | 1 | Ns | Ns | ** | * | Ns | ** | Ns | Ns | Ns | Ns | Ns | Ns |
| FG | 2 | Ns | Ns | Ns | * | * | * | Ns | Ns | Ns | Ns | Ns | Ns |
| AFG | 2 | Ns | Ns | Ns | ** | * | ** | Ns | Ns | Ns | Ns | Ns | Ns |
| C.V. | | 9 | 0 | 2 | 2 | 2 | 9 | 32 | 20 | 2 | 21 | 26 | 28 |

F.V.=fuente de variación; G.L.=grados de libertad; C.V.=coeficiente de variación; **=diferencias altamente significativas ($\alpha$=0.01); *= significativas ($\alpha$=0.05) y Ns=no significativas, A = ambientes, F = fechas, G = genotipos.




F1= Fecha de siembra 1
F2= Fecha de siembra 2
F3= Fecha de siembra 3
CC= Capacidad de campo
PF-F1= Periodo de floración F1
PF-F2= Periodo de floración F2
PF-F3= Periodo de floración F3
PMP= Punto de marchitez permanente

Figura 1. Precipitación semanal (a) y contenido de humedad del suelo (b), en $A_1$

Cuadro 3. Medias de características de progenitores de los híbridos HCP-2 y HCP-3 en dos ambientes.

| Característica | Ambiente | |
|---|---|---|
| | $A_1$ | $A_2$ |
| Altura de planta de machos | 136.0 a | 79.0 b |
| Altura de planta de hembras | 201.0 a | 124.0 b |
| Floración masculina de machos | 102.0 b | 105.0 a |
| Días a desespigue de hembra | 92.0 a | 93.0 a |
| Floración femenina de hembras | 103.0 a | 106.0 a |
| Periodo de desespigue | 35.0 a | 34.0 a |
| Porcentaje de plantas cuateras | 12.7 b | 21.3 a |
| Porcentaje de mazorcas comerciales | 50.9 a | 39.1 b |
| Factor de desgrane | 88.0 a | 86.0 b |
| Rendimiento de grano | 4865.0 a | 2759.0 b |
| Rendimiento de semilla | 3234.0 a | 1752.0 b |
| Rendimiento de semilla clasificada | 3006.0 a | 1536.0 b |

Medias con la misma letra en hileras son iguales estadísticamente según la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha$=0.05)

planta entre la hembra y macho, superior a 50 cm en favor de la hembra. Los días a floración masculina de los machos y los días a desespigamiento no difirieron en las dos primeras fechas, reduciéndose en la última. Los días a floración femenina de la hembra y el período de desespigamiento fueron similares en las tres fechas de siembra (Cuadro 4).

El porcentaje de plantas cuateras fue superior en la primer fecha de siembra y se redujo conforme se retrasó la siembra. El porcentaje de mazorca comercial fue similar en las tres fechas de siembra. El factor de desgrane, rendimiento de grano, de semilla y de semilla clasificada, se comportaron igual en las dos primeras fechas, reduciendo su expresión en la última fecha. Comparando los rendimientos de la tercer fecha de siembra respecto a los obtenidos en la primera, se observa que por el retraso en la fecha de siembra el rendimiento de grano, semilla y semilla clasificada se redujeron 60, 62 y 65%, respectivamente. Dentro de fechas, el rendimiento de semilla clasificada, respecto a rendimiento de grano fue 60% en las fechas 1 y 2, y 52 % en la fecha 3 (Cuadro 4).

## Genotipos

La altura de planta y los días a floración femenina de la hembra fueron similares en la producción de ambos híbridos, por tratarse de una hembra común. La altura de planta de los machos fue diferente, siendo el progenitor masculino del HCP-2, de mayor altura que el del HCP-3. El progenitor masculino del HCP-

Cuadro 4. Medias de características de progenitores de los híbridos HCP-2 y HCP-3 en tres fechas de siembra en 1994.

| Característica | Fecha 1 | Fecha 2 | Fecha 3 |
|---|---|---|---|
| Altura de planta de machos | 113.0 a | 112.0 a | 98.0 b |
| Altura de planta de hembras | 163.0 a | 167.0 a | 153.0 b |
| Floración masculina de machos | 105.0 a | 104.0 ab | 102.0 b |
| Días a desespigue de hembra | 94.0 a | 94.0 a | 89.0 b |
| Floración femenina de hembras | 106.0 a | 104.0 a | 103.0 a |
| Periodo de desespigue | 35.0 a | 34.0 a | 34.0 a |
| Porcentaje de plantas cuateras | 23.9 a | 17.6 ab | 9.5 b |
| Porcentaje de mazorcas comerciales | 48.1 a | 45.9 a | 41.0 a |
| Factor de desgrane | 87.0 a | 88.0 a | 85.0 b |
| Rendimiento de grano | 5006.0 a | 4377.0 a | 2053.0 b |
| Rendimiento de semilla | 3310.0 a | 2919.0 a | 1250.0 b |
| Rendimiento de semilla clasificada | 3038.0 a | 2706.0 a | 1068.0 b |

Medias con la misma letra en hileras son iguales estadísticamente según la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha$=0.05)

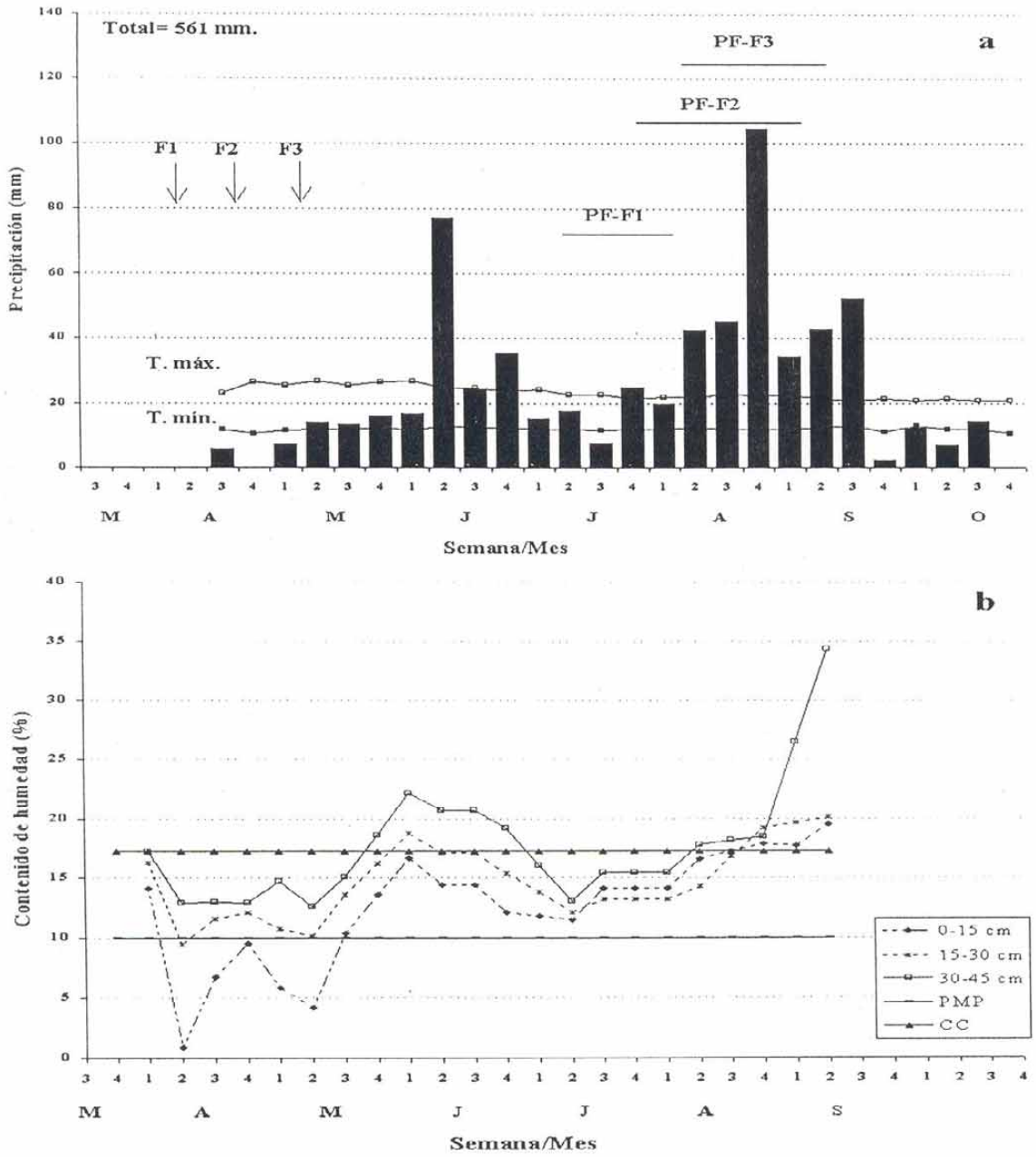
3 fue más precoz; los días a desespigamiento se redujeron en la producción del HCP-3 (Cuadro 5).

En la mayoría de las variables el comportamiento de la hembra fue similar al combinarla con cada línea macho; teniendo un aceptable porcentaje de plantas cuateras; el porcentaje de mazorca comercial fue menor al 50%; los rendimientos de grano y de semilla clasificada fueron aceptables. Los rendimientos de grano y de semilla clasificada tuvieron la tendencia a ser mayores al combinar la hembra con la línea CompS-8 que cuando combinó con la línea Comp129-19. En el rendimiento de semilla hubo diferencias estadísticas, a favor de la hembra con la línea CompS-8.

## DISCUSIÓN

### Ambientes

De acuerdo con las Figuras 1b y 2b, en los dos ambientes, al momento de realizar la tercer fecha de siembra, el contenido de humedad en el suelo fue menor, pero esta situación no influyó en el comportamiento de las características evaluadas, ya que el establecimiento en campo no se vio afectado, pues se mantuvo una densidad de población constante. La precipitación total en ambas localidades fue suficiente para el desarrollo del cultivo de maíz, cuyo requerimiento mínimo para la producción de grano, según Robles (1983) es de 500 mm bien distribuidos. A lo largo de la estación de crecimiento, el contenido de hu-




F1= Fecha de siembra 1
F2= Fecha de siembra 2
F3= Fecha de siembra 3
CC= Capacidad de campo

PF-F1= Periodo de floración F1
PF-F2= Periodo de floración F2
PF-F3= Periodo de floración F3
PMP= Punto de marchitez permanente

Figura 2. Precipitación semanal (a) y contenido de humedad del suelo (b), en $A_2$

medad en el suelo del Ambiente 1 fue superior al registrado en el suelo del Ambiente 2 (Figuras 1b y 2b), aún durante el período de sequía intraestival, de ahí la importancia de la capacidad de mantener un alto nivel de humedad, para amortiguar los efectos de la sequía. Si a esto se agrega que por las características de este tipo de suelo, la productividad del mismo es superior a la del suelo de $A_2$, en este estudio, $A_1$ fue el ambiente más favorable para la producción de semilla.

El suelo de $A_1$ permitió un mejor desarrollo vegetativo de los progenitores; sin embargo, en ambas localidades la altura de planta de la hembra fue superior a la de los machos, lo que es poco conveniente, pues en la producción de semilla de híbridos de maíz es deseable que el progenitor masculino sea de mayor porte que la hembra, para lograr el aislamiento con surcos del macho y contar con mayor disponibilidad del polen, que cae de las anteras a los estigmas. La estabilidad de la floración de la hembra ante el cambio de ambiente (Cuadro 3) es un aspecto favorable ya que es posible predecir su comportamiento para la producción en diferentes localidades.

En $A_2$ la floración de los machos se vio retrasada; al respecto, Quezada y Muñoz (1986) afirman que ante condiciones de sequía las floraciones se retrasan, siendo más marcado este retraso en la floración femenina. El porcentaje de plantas cuateras superior en $A_2$ (Cuadro 3) pudo obedecer a una interacción con fechas de siembra, en relación a la sequía que solo ocurrió en $A_1$, que sin embargo, se vio compensado por su el potencial edáfico. Es

Cuadro 5. Medias de características de progenitores de los híbridos HCP-2 y HCP-3 en 1994.

| Característica | Genotipo | |
|---|---|---|
| | HCP-2 | HCP-3 |
| Altura de planta de machos | 119.0 a | 97.0 b |
| Altura de planta de hembras | 163.0 a | 162.0 a |
| Floración masculina de machos | 103.0 a | 100.0 b |
| Días a desespigue de hembra | 92.0 a | 91.0 b |
| Floración femenina de hembras | 105.0 a | 104.0 a |
| Periodo de desespigue | 33.0 b | 35.0 a |
| Porcentaje de plantas cuateras | 16.4 a | 17.6 a |
| Porcentaje de mazorcas comerciales | 43.3 a | 46.3 a |
| Factor de desgrane | 87.0 a | 87.0 a |
| Rendimiento de grano | 3588.0 | 4036.0 |
| Rendimiento de semilla | 2280.0 | 2707.0 |
| Rendimiento de semilla clasificada | 2084.0 | 2458.0 |

Medias con la misma letra en hileras son iguales estadísticamente según la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha$=0.05)

posible que por las condiciones favorables en $A_1$ la mazorca principal bien desarrollada, por el fenómeno de dominancia apical haya inhibido la formación y desarrollo de otras mazorcas inferiores, reflejándose también en el mayor porcentaje de mazorcas comerciales.

El rendimiento es la expresión final de una serie de eventos fisiológicos, determinados genéticamente, que son afectados por el ambiente y que interactúan dinámicamente con el mismo. Esto se vio reflejado en los mayores rendimientos obtenidos en $A_1$, los cuales duplicaron los obtenidos en $A_2$. Incluso en $A_1$, el rendimiento de grano superó al rendimiento promedio de la región reportado para 1992 que fue de 3669 $kg.ha^{-1}$ (Cervantes y Girón, 1993).

## Fechas de siembra

El comportamiento de los progenitores y los rendimientos de semilla fueron superiores en las primeras dos fechas de siembra. La reducción de la altura de planta de la hembra y machos (Cuadro 4) en la última fecha de siembra, pudo deberse a un acortamiento en la estación de crecimiento. Las condiciones poco favorables de la última fecha de siembra afectaron también la expresión del rendimiento y algunos de sus componentes, como el llenado de la mazorca y de grano, situación que ya ha sido reportada en maíz y otros cultivos (Schumway *et al.*, 1992). Con la última fecha de siembra el rendimiento de grano se redujo por debajo del promedio regional, al igual que los rendimientos de semilla y de semilla clasificada. Este comportamiento con la última fecha de siembra puede estar relacionado con la disminución de la temperatura en el segundo semestre del año (Cuadro 1), que afectan negativamente tanto el desarrollo vegetativo como reproductivo de los genotipos. Por lo anterior, si bien las siembras retrasadas, son una opción para conseguir un aislamiento adecuado del lote de producción de semillas, la reducción en rendimiento es muy marcada, por lo cual se deben considerar como una última opción para la producción de semilla en el Valle de Puebla.

## Genotipos

El progenitor masculino del HCP-2 fue de mayor porte y más tardío que el del HCP-3 (Cuadro 5), esto pudo ocasionar diferencias en la competencia de la hembra con cada uno de ellos, a lo cual se puede sumar el efecto del diferencial de siembra practicado para la producción de cada híbrido. Estas dos situaciones explican que en algunas características como los días a desespigue y el período de desespigue, la hembra se comportara diferente al variar el macho. Esto es de importancia para la producción de semilla de híbridos de maíz; primero porque indica que se pueden tener diferencias en el comportamiento agronómico de los progenitores, dependiendo de la combinación empleada para la producción y, segundo, porque señala la necesidad de realizar ajustes en cuanto al diferencial de siembra para obtener en las floraciones la sincronización más adecuada. Los resultados obtenidos también resaltan la importancia del genotipo de la planta hembra, como ha sido señalado por Burris (1977).

El comportamiento descrito en los ambientes de producción y en las fechas de siembra practicadas, así como la interacción ambiente fecha, son evidencias de que las características físico-químicas del suelo, así como la precipitación, entre otros, son factores importantes en la determinación de los rendimientos de semilla, como afirma Curtis (1980), siendo importante para la manifestación de diferencias en el comportamiento de las variables vegetativas, de floración y de rendimiento. El efecto del ambiente sobre el comportamiento agronómico de los progenitores y rendimiento, da importancia a la necesidad de definir en un nicho ecológico el mejor ambiente de producción de semilla para cada

genotipo.

## CONCLUSIONES

Con base en la información presentada se puede concluir que, en el Valle de Puebla, los ambientes de producción como $A_1$, en combinación con épocas de siembra tempranas, favorecen un mejor comportamiento agronómico de los progenitores de los híbridos de maíz estudiados, y permiten la obtención de los más altos rendimientos de semilla, en comparación con ambientes como $A_2$, con menor capacidad de retención de humedad.

## BIBLIOGRAFÍA

**Arellano V., J. L. J. Cisneros y H. Angeles A. 1983.** Programa coordinado INIA-PRONASE para la producción de semilla certificada de maíz en la Mesa Central de México (1800-2500 msnm). Documento de circulación interna. INIA, PRONASE, SARH.

**Burris, J.S. 1977.** Effect of location of production and maternal parentage on seedling vigour in hybrid maize (*Zea mays* L.). Seed Sci. & Technol. 5:703-708.

**Carballo C., A. 1993.** La calidad genética y su importancia en la producción de semillas. *In*: Mendoza O., L.E.; E, Favela Ch.; P. Cano R. y J.H. Esparza (eds). Situación Actual de la Producción, Investigación y Comercio de Semillas en México. SOMEFI. Chapingo, México. pp. 80-101.

**Centro de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 1974.** El Plan Puebla: Siete años de experiencia: 1967-1973. El Batán, México.

**Cervantes V., J. y S. Girón P. 1993.** Costos de producción y rendimiento de maíz en el Valle de Puebla. Ciclo 92/92. *In*: Peña O., B.V.; S. Vargas L. y D. Castro R. (eds). Plan Puebla. Informe del equipo técnico 1992. Colegio de Postgraduados. CEICADAR. Puebla, Pue. pp. 83-84.

**Cruz R., J., M. Mendoza R. y A. Carballo C. 1985.** Efecto del ambiente cálido seco en la producción de semilla de maíz de Valles Altos. Revista Chapingo. 10(47-49):70-75.

**Curtis, D.L. 1980.** Some aspects of *Zea mays* L. (corn) seed production in the USA. *In*: Hebblethwaite, P.D. Seed production. Bitterworths London-Boston. pp. 389-400.

**Dickson, M.H. 1980.** Genetic aspects of seed quality. Hortscience 15(6):771-774.

**Espinosa C., A. y A. Carballo C. 1986.** Productividad y calidad de semillas en líneas e híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para la zona de transición "El Bajío-Valles Altos" de México. Fitotecnia 8:35-53.

**García, E. 1981.** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México. Inst. Geografía. UNAM.

**García J., C. 1985.** La certificación de semillas en México. *In*: Producción de semillas en México. Memoria de la Reunión Nacional sobre Producción de Semillas en México. SOMEFI. Chapingo, México. 23 al 25 de septiembre. pp. 3-14.

**Peña O., G.M. y J.L. Arellano V. 1990.** Efecto de la depresión endogámica en el rendimiento de grano y sus componentes en el híbrido de maíz H-131, en dos ambientes. Revista Chapingo 15:71-72.

**Quezada A., H. y A. Muñoz O. 1985.** Efecto de la sequía en diferentes estadíos de crecimiento en maíz *Zea mays* L. H-28. Revista Chapingo. 10(47-49):76-80.

**Reyes C., P. 1990.** El maíz y su cultivo. AGT Editor. México D.F. pp. 330-332.

**Robles S., R. 1983.** Producción de granos y forrajes. Cuarta Edición. Editorial Limusa. México. pp.32 -40.

**Romo G., J.R. y Arteaga R., R. 1989.** Meteorología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 109-113.

**Schumway, C.R., J.T. Cothren, S.O. Serna-Saldivar, and L.W. Rooney. 1992.** Planting date and moisture effects on yield, quality, and alkaline-processing characteristics of food-grade maize. Crop Sci. 32:1265-1269.