

## INFLUENCIA DE LAS POBLACIONES Y DEL NITROGENO EN LA PRODUCCION DEL MAIZ (*Zea mays*) (\*)

Por: Miguel G. González V. — Víctor J. Porras G.

Jairo A. Gómez (\*\*)

### I.— INTRODUCCION

El maíz es un cultivo de mecanización muy antigua, cuyas distancias aún comunmente utilizadas son de 92 a 110 cm. Hoy en día se considera que estos surcos deben hacerse más estrechos para así buscar una mejor distribución de las plantas.

Con el presente trabajo se trata de complementar las investigaciones que sobre densidades de población se realizan en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Palmira, investigaciones que han demostrado que a la distancia de 90 cms. entre hileras, la producción se mantenía aproximadamente constante a un rango de poblaciones entre 40.000 y 74.000 plantas/Ha. y que fuera de este rango ocurrían descensos en la producción, aún bajo condiciones de riego y diversas ratas de fertilización.

Tratando de obtener respuestas en la producción a una distribución más uniforme de las plantas en el campo, se diseñó un primer ensayo para determinar las ventajas y desventajas de los surcos estrechos (60 y 45 cm.) con híbrido determinado (Diacol H 205), y luego con base en los resultados del primer ensayo, hacer un segundo experimento para comprobar las observaciones del primero y desechar las inconveniencias que se hubieran anotado.

Se hizo además un análisis de los diversos factores componentes del rendimiento para tratar de determinar como influía esta mejor distribución en cada uno de estos factores para dar como resultado un mejor rendimiento al disminuir la distancia entre surcos.

---

(\*) Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

(\*\*) I.A. MSc. Instituto Colombiano Agropecuario, Palmira.

## II.— REVISION DE LITERATURA

Morrow citado por Lang, Pendleton y Dungan (11), presenta un resumen de varios experimentos realizados en Illinois en 1890, de los cuales deduce que el maíz puede ser sembrado ralo o densamente, variando la óptima densidad de acuerdo con la variedad, suelo y latitud, la cual influye directamente sobre la luminosidad y la temperatura.

Según Byrd (6), tres factores son los que más directamente afectan el rendimiento del maíz: (1) Plantas de alta capacidad de rendimiento (híbrido o variedad). 2) Alta densidad de población. 3) Aplicación extra de nutrientes.

Dungan (9), opina que son varios los factores determinantes de la adecuada densidad de población para obtener el máximo de rendimiento. El más importante es la productividad del suelo, así, cuando mayor es esta, mayor será la población requerida.

Los altos rendimientos dependen, además de un suplemento balanceado de nutrientes, del espaciamiento entre plantas, lo cual puede determinar la utilización de altos niveles de fertilidad y/o de la humedad adecuada (Hatfield y Ragland, 10).

### A).— Variedad o híbrido

Las diferencias entre variedades o híbridos con relación a la densidad de población han sido encontradas por varios autores.

Colville (7), anota que híbridos de temprana maduración pueden ser plantados a mayor densidad de población que aquellos que requieren toda la estación para su madurez.

Pendleton y otros citados Lang, Pendleton y Dungan (11), dicen que el óptimo de población de cualquier híbrido o variedad, está de acuerdo o varía con la productividad del suelo. Duncan, citado por el mismo autor encontró que la población y el nivel de fertilidad representa una parte en la diferencia de la población y rendimiento de los híbridos.

Tanner (15), del Colegio de Agricultura de Ontario dice que es necesario intensificar la investigación de tipos de maíz con ciertas características específicas para altas poblaciones. Estas características específicas se refieren a la forma de las plantas, las cuales deben tener las hojas hacia arriba, siendo mayores las inferiores y dando a la planta una apariencia de cono; así mismo la planta debe ser de tamaño pequeño y de desarrollo precoz.

### B).— Suelo.

Los resultados sobre densidades de población indican que los mejores niveles dependen de las condiciones de textura del suelo. Así, suelos arenosos donde la capacidad de retención de agua es ba-

ja, las densidades óptimas parecen ser de 14 a 15 mil plantas/acre. Suelos medios y de textura pesada con buena capacidad de retención de agua, pueden sostener poblaciones de 15 a 20 mil plantas/acre (Anónimo 4).

Duncan citado por Lange, Pendleton y Dungan (11), anota que a bajo nivel de fertilidad, las diferencias de rendimiento de 3 híbridos a diferentes poblaciones fueron muy pequeñas, mientras que a un mayor nivel de fertilidad y a poblaciones altas, las diferencias en rendimiento fueron más pronunciadas.

La densidad óptima de población está de acuerdo con el nivel de fertilidad del suelo. Así 8.000 plantas/acre son las adecuadas para bajos niveles de fertilidad (40 bushels o menos) y bajo condiciones de excesiva sequedad en el "corn belt", 12.000 a 16.000 plantas/acre pueden ser soportadas en suelos de fertilidad media (50 - 75 bushels/acre). Se requieren más de 16.000 plantas/acre para obtener los mejores rendimientos en suelos de alto nivel de fertilidad o donde se hayan aplicado fertilizantes (Duncan, 8).

#### C.— Densidad de población

Según datos de la Estación Waseca, los rendimientos para una población de 25.000 plantas/acre, se aumentaron cuando se redujo la distancia entre surcos, así: 104 bushels/acre en surcos de 40", 116 bushels/acre en surcos de 30" y 128 bushels/acre en surcos de 20" (Anónimo, 3).

En la Universidad de Nebraska se ha encontrado que las plantas espaciadas 20" entre sí, producían 39% más que la misma población— 16.000 Plantas/acre, plantas equidistantemente a 40" y 4 plantas por sitio o sea el viejo método de siembra. En otro ensayo el promedio de rendimiento para surcos de 30" fué de 27% mayor que para surcos de 40" (Anónimo, 2).

En un experimento realizado en la Universidad de Purdue se ensayaron distancias de 40 - 30 y 20" entre surcos y tasas de población de 18.800, 25.900 y 32.900 plantas/acre. En la población más baja los rendimientos parecen no estar relacionados a la amplitud de los surcos. Las dos más altas poblaciones dieron rendimientos mayores con 30 y 20" entre surcos con 40" (Stivers y Leutkemeier, 14).

#### D).— Factores influenciados por la densidad de población.

##### 1.— Luz.

El cultivo que intercepta toda la luz puede producir más materia seca que aquel que no lo hace. En surcos espaciados 40" un alto porcentaje de la luz se desperdicia entre los surcos, es pues necesario obtener una cobertura uniforme sobre el terreno para captar la mayor cantidad de luz solar. Esto se consigue reduciendo la amplitud de los surcos y empleando plantas pequeñas con hojas insertadas ha-

cia arriba y planta en forma de cono con hojas inferiores de mayor tamaño (Tanner, 15).

## 2.— Humedad

Shibles, Lovely y Thompson (13), realizaron un experimento comparando espaciamiento entre surcos y poblaciones en varias localidades. Se compararon poblaciones de 15.500, 19.500, 23.500 y 27.5000 plantas/acre y amplitudes en re surcos de 20, 30 y 40". Los resultados indican que bajo buenas condiciones de humedad se puede esperar una respuesta significativa a los surcos estrechos (20"). Donde las condiciones de humedad son desfavorables no hubo diferencias significativas entre los espaciamientos. Bajo condiciones favorables de humedad el rendimiento se incrementa con poblaciones superiores a 23.500 plantas/acre. En condiciones de sequía los rendimientos de poblaciones de 15.500 y 19.500 son los mismos pero a mayores poblaciones los rendimientos decrecen.

En California Warren Bogle dice que con siembras a 40" entre surcos era necesario un riego cada 12 días, mientras que sembrado a 30", se requería un riego cada 16 a 18 días (Anónimo, 1).

## 3.— Control de malezas.

En experimentos realizados en Nebraska se encontró que el rendimiento para parcelas con espaciamientos de 20" entre surcos tratados con Atrazine, fué cerca de dos veces mayor que el tratamiento similar en surcos espaciados 40". Esto fué debido a que las malezas se reducen en los surcos angostos por un encubrimiento más temprano, el cual les impide la asequibilidad de la luz (Anónimo, 2).

Los ensayos realizados por el autor han demostrado que el tratamiento químico de Control de Malezas en surcos estrechos aumenta la eficiencia del herbicida y que posiblemente se pueden disminuir las ratas de aplicación para un control satisfactorio de las malezas (Thonson, 16).

## 4.— Acamamiento.

Las altas poblaciones y los surcos estrechos incrementan la tendencia hacia el acamamiento o rotura de los tallos. Así pues, es necesario sembrar híbridos adaptados a altas ratas de población con excelentes cualidades de tallo (Pendleton, 12).

Según Shibles, Levely y Thompson (13), el acamamiento de los tallos no está afectado por la amplitud del surco sino por el incremento de la población. En el ensayo realizado el acamamiento aumentó así, de 15 a 27 - 31% a medida que se aumentó la población de 15.500 a 23.500 plantas/acre.

Dugan (9), concluye que el maíz sembrado muy densamente posee tallos más delgados que cuando se siembra ralo. El resultado de una siembra muy tupida es un mayor número de plantas caídas al llegar la época de la recolección. La siembra excesiva es tan per-

judicial para el rendimiento como lo es la siembra exigua y termina diciendo "No se puede lograr un rendimiento elevado sin una gran población de plantas pero el número de éstas por área no es garantía de un rendimiento elevado".

### 5.— Esterilidad

En ensayos realizados en Nebraska se ha encontrado que con iguales densidades de población, cuando las plantas fueron más espaciadas entre sí, dentro de la misma hilera, el porcentaje de esterilidad se redujo; así en surcos de 20" de amplitud 100 plantas produjeron 99 mazorcas pero a 30 y 40", fueron solamente 79 y 74 mazorcas/100 plantas respectivamente. Un buen control de malezas redujo la esterilidad en todos los espaciamientos en un 20% (Anónimo, 2).

Según Lang, Pendleton y Dungan (11), de los componentes del rendimiento (peso de las mazorcas, peso del grano, plantas estériles), el de mayor influencia es el % de plantas estériles. La esterilidad es más afectada por la densidad de población que por el híbrido o el nivel de Nitrógeno del suelo aunque los dos últimos afectaron la esterilidad significativamente en el ensayo realizado. Así a 4.000 y 8.000 plantas/Ha, no hubo tallos sin mazorcas; al nivel bajo de N con 24.000 plantas/acre hubo un 33% de esterilidad, con el nivel alto de N a la misma población hubo 16% de esterilidad. También anota que los híbridos con tendencia a dar 2 mazorcas, con una densidad de 4.000 plantas/acre, tenían el menor % de plantas estériles a 24.000 plantas/acre y viceversa.

### 6.— Tamaño y peso de la mazorca.

La siembra rala en suelo productivo producirá mazorcas grandes y en algunos casos dos mazorcas por planta. Cuando se aumenta la densidad de población la cantidad de grano por planta disminuye, sin embargo esta disminución es menor que el aumento total resultante de una mayor densidad. La población de plantas que producen mazorcas pequeñas con el máximo rendimiento total será la densidad óptima de población. Es decir que el tamaño de la mazorca es una guía para determinar si el maíz está sembrado a la densidad óptima (Dungan, 9).

El peso de las mazorcas puede indicar una baja densidad, una alta densidad o bajo nivel de fertilidad de la manera siguiente: 0.52 a 0.75 lbs. en promedio indican baja densidad de población; 0.48 a 0.52 lbs. en promedio indican población y fertilidad adecuada; menos de 0.48 lbs. en promedio indican excesiva densidad de población o fertilidad limitada (Anónimo, 5).

## III.— MATERIALES Y METODOS

Los dos experimentos se realizaron en los terrenos del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Palmira.

Las áreas experimentales fueron diferentes, el lote del primer ensayo era arcilloso con tendencia a la formación de un hard pan, a los 60 cms. El segundo ensayo se realizó en lote con textura franca y de probada mejor productividad. Los ensayos se realizaron en el segundo semestre de 1965 y en el primero de 1966.

### **Método de siembra.**

Se utilizó como semilla el maíz Diacol H-205 en ambos experimentos. Las variables que determinaron la densidad de población, fueron la distancia entre surcos y la distancia entre plantas.

#### **a.— Distancia entre surcos.**

Las parcelas mayores se surcaron a las distancias de 90, 60 y 45 cm. de acuerdo con el arreglo experimental de cada ensayo. Esta operación fué hecha con surcadora mecánica.

#### **b.— Distancia entre plantas.**

Para conseguir la población buscada en cada una de las subparcelas, la siembra se realizó a mano. Las plantas se distanciaron entre sí a 15, 25 y 35 cm. en el primer ensayo, y en el segundo ensayo las distancias fueron de 15, 20, 22.5, 30, 37.5, 40 y 50 cms. En cada sitio se colocaron tres semillas con el fin de prevenir pérdidas en las poblaciones por mala germinación o posterior ataque de insectos.

### **Fertilización**

#### **a.— Primer ensayo.**

Para prevenir la posible competencia por nutrientes en las altas poblaciones, se aplicaron uniformemente 75 Kg/Ha. de  $K_2O$  y 200 Kg/Ha. de  $P_2O_5$ , y Nitrógeno en las cantidades 75 y 150 Kg/Ha. 15 días después del riego de germinación.

Se utilizaron como fuentes KC1 de 60% de  $K_2O$ , Superfosfato del 46% de  $P_2O_5$ , y Urea del 45% de N.

#### **b. Segundo ensayo.**

Solamente se aplicó Nitrógeno en forma de Urea a todo el experimento. La dosis empleada fué de 75 Kg/Ha. de N y se aplicó así: una tercera parte 15 días después del riego de germinación, y las dos terceras partes a los 45 días.

### **Labores culturales**

Para el control de malezas se utilizó como pre-emergente Gesaprin del 80% de Atrazine en la proporción de 2,5 Kg/Ha.

El raleo se realizó 20 días después del riego de siembra. Como se habían sembrado unas 3 semillas por sitio, al hacer esta operación de raleo se dejó una planta por sitio, cortando las otras a ras del

suelo con el fin de no causar daño en el sistema radicular de la planta seleccionada.

### Riego

Se utilizó el sistema de riego por aspersión, manteniendo como mínimo un nivel del 40% de agua aprovechable, en los primeros 50 cm. del suelo.

### Datos tomados.

A los 100 días de la siembra, se contó el número de plantas caídas en el primer experimento. En el segundo experimento se hizo en igual forma.

A los 100 días también se midió el diámetro de los tallos, tomando 10 plantas al azar en cada parcela, la medida fué hecha en el cuarto entrenudo de abajo hacia arriba, buscando diámetro mínimo en la mitad de éste.

En el momento de la cosecha se tomaron los siguientes datos: número de plantas, número de plantas efectivas o sea plantas que produjeron mazorcas, número de mazorcas, peso de la producción en mazorca y en grano, este al 15% de humedad. Es el segundo ensayo, además de los datos anteriores, clasificación de las mazorcas en grandes ( 250 gr.) medianas (150 a 250 gr.) y pequeñas ( 150 gr.) Los datos se tomaron para cada una de las parcelas en ambos experimentos.

### Diseño experimental.

El diseño escogido para ambos experimentos fué el de parcelas divididas.

### Ensayo 1.—

Las variables consideradas fueron las siguientes:

Distancias entre surcos: 90 — 60 — 45 cm.

Distancia entre plantas: 15 — 25 — 35 cm.

Niveles de nitrógeno:  $N_1 = 75 \text{ Kg/Ha,}$

$N_2 = 150 \text{ Kg/Ha.}$

El arreglo experimental en el campo se hizo de la manera siguiente: Las parcelas mayores estaban constituidas por las distancias entre surcos, las parcelas menores por las distancias entre plantas y las subparcelas por las cantidades de nitrógeno, quedando de esta manera 18 tratamientos, los cuales fueron replicados cuatro veces.

El tamaño de las sub-parcelas fué de 10.5 m. de largo y de 3.6 m. de ancho, el cual es múltiplo de las distancias entre surcos, lo que facilitó el arreglo en el campo.

**Ensayo 2.**

Las variables consideradas fueron las siguientes:

Distancia entre surcos: 90 — 60 — 45 cm.

Densidades de población: 74.974 — 55.555 — 44.444 plantas/Ha.

El arreglo experimental se hizo de la manera siguiente: Las parcelas mayores estaban constituidas por las distancias entre surcos y las parcelas menores por las poblaciones, quedando de esta manera 9 tratamientos, los cuales fueron replicados cuatro veces. El tamaño de las parcelas menores fué igual al de las sub-parcelas del ensayo 1.

**IV.— RESULTADOS Y DISCUSION**

El primer experimento se realizó con el objeto de tener una idea general del comportamiento de diferentes poblaciones, dentro de un amplio rango, con el fin de determinar, en nuestras condiciones, cuales son los factores limitantes en las poblaciones.

Se analizarán para el primer experimento las siguientes consideraciones:

A.— Distancia entre surcos

B.— Distancia entre plantas

C.— Factores dependientes de las poblaciones.

a. Plantas sembradas, plantas perdidas (plantas sembradas menos plantas a la cosecha), plantas estériles, y plantas efectivas (plantas con mazorca).

b. Plantas caídas y plantas paradas.

c. Peso promedio de las mazorcas.

El análisis del segundo ensayo en los factores dependientes de las poblaciones, además de los anteriores, se involucran el número de mazorcas y clasificación por peso en mazorcas grandes, medianas y pequeñas.

**Primer ensayo.**

Como componentes de las densidades de población se tomaron tres distancias entre surcos (90 — 60 y 45 cm.) y tres distancias entre plantas (15 — 25 y 35 cm.) lo cual da un rango de poblaciones entre 31.687 plantas/Ha. y 148.148 plantas/Ha.

A.— Distancia entre surcos

El análisis de variancia indica que no hay diferencias significativas al nivel del 5% entre las producciones de las diferentes distancias entre surcos, el hecho de que no haya una mayor producción prome-

dia a las distancias de 45 y 60 cm. entre surcos, teniendo estas distancias mayor población sembrada que la distancia testigo de 90 cm. se debe posiblemente a lo siguiente: como se puede apreciar en la Tabla I la población de plantas efectivas con relación a la población sembrada, decrece al disminuir la distancia entre los surcos, y aunque se observa que el número de las plantas efectivas es mayor a las distancias de 45 y 60 cm. entre surcos, el rendimiento individual o sea peso promedio por mazorca es inferior, debido a la mayor competencia entre plantas a estas poblaciones y distancias entre surcos.

#### **B.— Distancia entre plantas.**

El análisis de variancia indica que existen diferencias significativas en la producción al nivel del 1%, para las diferentes distancias entre plantas.

La prueba de Duncan indica diferencias en la producción entre las distancias de 35 y 15 cm. 25 y 15 cm. entre plantas; no indica diferencias entre las distancias de 25 y 35 cm.

La razón de esta diferencia en producción entre las distancias de 35 y 25 cm. con relación a 15 cm. se explica por la mayor competencia a medida que se disminuye la distancia entre plantas. Así la población de plantas efectivas con relación a la población sembrada en 35 y 25 cm. no tienen la disminución tan radical que se presenta a la distancia de 15 cm. entre plantas, como puede observarse en la Tabla I.

#### **C.— Factores dependientes de las poblaciones**

Debido a la forma como se realizó este experimento, las densidades de población fueron muy diversas para cada uno de los tratamientos, hecho que hace variar cada uno de los factores que influencian su rendimiento.

Con el objeto de aclarar las conclusiones del análisis estadístico, entramos en la discusión de los factores que se creen los más directamente relacionados con el rendimiento, y así analizando lo que sucede en los diferentes tratamientos poder explicar los efectos de las distancias de siembras tanto en el rendimiento total como en el rendimiento individual por planta.

##### **a).— Plantas sembradas, perdidas, estériles y efectivas.**

En forma general y en cada una de las distancias entre surcos se observa que el número de plantas perdidas y el número de plantas estériles, disminuye a medida que aumenta el espacio entre plantas. Las siguientes observaciones se presentan detalladas para cada una de las distancias entre surcos:

##### **1.— Surcos de 45 cms.**

A 15 y 25 cm. entre plantas se nota que el mayor porcentaje de

## — T A B L A I —

**Producción, plantas sembradas, plantas efectivas y peso por mazorca para las diferentes distancias entre surcos con sus respectivas distancias entre plantas.**

Distancia entre sur- cos (cm.)	Item .	Distancias entre plantas (cm.)		
		35	25	15
90	Rendimiento (ton/Ha.)	4.5	4.9	4.3
	Plantas sembradas/Ha.	31.687	44.444	74.074
	Plantas efectivas/Ha.	30.349	38.373	51.387
	% plantas efectivas	96%	86%	69%
	Peso por mazorca (gr.)	180.0	168.5	124.0
60	Rendimiento (ton/Ha.)	5.0	4.7	3.6
	Plantas sembradas/Ha.	47.777	66.666	111.111
	Plantas efectivas/Ha.	45.369	57.275	63.656
	% plantas efectivas	97%	86%	57%
	Peso por mazorca (gr.)	159.0	131.0	98.5
45	Rendimiento (ton/Ha.)	5.3	4.0	2.0
	Plantas sembradas/Ha.	63.492	88.888	148.148
	Plantas efectivas/Ha.	56.480	63.799	57.979
	% plantas efectivas	88%	72%	39%
	Peso por mazorca (gr.)	141.0	106.5	75.5

pérdidas ocurre por concepto de esterilidad en tanto que a 35 cm. entre plantas, las pérdidas tanto por esterilidad como por plantas perdidas son iguales.

Ahora, considerando solamente el número de plantas efectivas, es decir, las plantas que produjeron mazorca, se nota que éstas se reducen a un rango que oscila entre 53.000 y 64.000 plantas/Ha., lo cual puede ser un índice de la población más apropiada para esta distancia entre surcos, ya que la máxima producción ocurrió con la población sembrada de 63.492 plantas/Ha. población que corresponde a un distanciamiento entre plantas de 35 cm.

En cuanto a los niveles de nitrógeno solo se observa una ligera respuesta en el rendimiento a las distancias entre plantas de 25 y 35 cm.

## 2.— Surcos de 60 cm.

En esta distancia los porcentajes de plantas perdidas y estériles

cambian con respecto a la distancia de 45 cm. entre surcos. A la distancia de 60 cm. las mayores pérdidas ocurren con espaciamento entre plantas de 25 y 35 cm., en tanto que a 15 cm. las pérdidas por ambos conceptos son iguales.

El número de plantas efectivas se redujo a un rango comprendido entre 45 y 65 mil plantas/Ha. Se anota que la máxima población efectiva coincide aproximadamente con la máxima encontrada a 45 cm. entre surcos, que fué de 64.000 plantas/Ha.

La máxima producción se obtiene con una población sembrada de 47.777 plantas/Ha. que corresponde a una distancia entre plantas de 35 cm. Esta población sembrada está dentro del rango de la población efectiva, anteriormente mencionada.

En cuanto al Nitrógeno, parece que no tiene efecto en el rendimiento.

### 3.— Surcos de 90 cm.

Las mayores pérdidas ocurren por concepto de plantas perdidas a la distancia de 15 cm. entre plantas, en tanto que a 25 y a 35 cm. las mayores pérdidas ocurren por esterilidad. El número de plantas efectivas osciló entre 30 y 51 mil plantas/Ha., ocurriendo la máxima producción con una población sembrada de 44.444 plantas/Ha. El nitrógeno no ocasionó diferencias apreciables en el rendimiento.

#### b).— Plantas caídas y paradas.

Al comparar los porcentajes de plantas paradas a las diferentes distancias entre surcos y plantas, se puede observar una tendencia general hacia un mayor porcentaje de plantas paradas cuando la distancia entre plantas aumenta, dentro de cada una de las distancias entre surcos.

Al compararse en una forma más amplia las diferentes distancias entre surcos se aprecia que el porcentaje de plantas paradas aumenta con el incremento de la distancia entre surcos.

Al analizar las poblaciones en orden descendente se puede observar en cuanto a las plantas caídas que éstas disminuyen a medida que la población sembrada decrece.

En cuanto a la producción se observa que esta aumenta a medida que se reduce la población, llega a un máximo y luego decrece en igual forma para ambas dosis de nitrógeno.

Las máximas producciones ocurren a 45 — 35 y 60 — 35 con  $N_1$  y a 45 — 35 con  $N_2$ . El porcentaje promedio de plantas caídas es de 12.25 y 18.6 respectivamente.

De otra parte se presenta una relación inversamente proporcional entre el diámetro de los tallos y el porcentaje de plantas caídas como se aprecia en la Tabla II.

Además se observa que a mayor distancia entre surcos y a igual distancia entre plantas el diámetro aumenta. Y a mayor distancia entre plantas y a igual espacio entre surcos el diámetro también aumenta.

Se anota que el cultivo sufrió ataque de *Diatraea* sp. lo cual influyó en el % de plantas caídas.

**c. — Peso promedio por mazorca.**

Se puede observar que el peso por mazorca aumenta a medida que se siembra una menor población.

Al comparar esto con la curva de producción para las dos dosis de nitrógeno, se observa que el mayor peso por mazorca no produjo el mayor rendimiento debido al bajo número de plantas, sino que el mayor rendimiento se obtuvo con un peso promedio comprendido entre 141 y 159 gramos, a las distancias de 45 cm. entre surcos por 35 cm. entre plantas y de 60 y 35 cms. respectivamente.

— T A B L A II —

**Diámetro de tallos y porcentaje de plantas caídas a las diferentes distancias de siembra**

Distancia entre surcos. cms.	Distancia entre plantas. cms.	Diámetro de tallos. cms.	% de plantas caídas
90	15	2.16	21.4
	25	2.23	12.3
	35	2.42	8.6
60	15	1.74	26.3
	25	1.99	21.7
	35	2.28	12.2
45	15	1.57	47.3
	25	1.74	26.3
	35	2.04	18.6

También se aprecia que el peso promedio por mazorca no varía apreciablemente con las dosis de nitrógeno.

**Segundo ensayo.**

Considerando los resultados del primer ensayo en el cual se ob-

servó (1). Que al tener fijas las distancias entre plantas y entre surcos, resultaban poblaciones excesivas, al combinarse la menor distancia entre surcos con la menor distancia entre plantas y viceversa con las mayores distancias. (2). Que en el caso de bajas poblaciones sembradas, estas conducían a un menor porcentaje de plantas perdidas y a un peso promedio por mazorca alto, en tanto que las altas poblaciones sembradas, conducían a una población efectiva de solo el 40 - 60% de la población sembrada y a un peso promedio por mazorca más bajo. (3). Que las mayores producciones con los menores porcentajes de plantas caídas, ocurrieron en las distancias de 45 - 36 cm., 60 - 35 cm., 90 - 25 cm. y 60 - 25 cm. que correspondían a poblaciones sembradas de 63.492, 47.777, 44.444 y 66.666 plantas/Ha. respectivamente. (4). Que las mayores poblaciones sembradas, 74.074 (90 - 15). 88.888 (45 - 25), 111.111 (60 - 15) y 148.148 (45 - 15) se redujeron a poblaciones efectivas de 51.387, 63.799. 63.656 y 57.979 es decir, a un promedio de 59.205 plantas/Ha., se decidió hacer un experimento que evitara poblaciones que pudieran resultar o escasas o excesivas. Con tal fin se diseñó el experimento en parcelas divididas, en tal forma que las distancias entre surcos fueran las mismas del ensayo anterior, 90 - 60 - 45 cm. (tratamiento A), pero que las distancias entre plantas pudieran variar de acuerdo a tres poblaciones, 44.444, 55.555 y 74.074 plantas/Ha. (Tratamiento B), en las cuales se trató de acoger las poblaciones que habían dado los máximos rendimientos en el ensayo anterior, así como el número de plantas efectivas a las cuales quedaban reducidas las altas poblaciones.

Comparadas las producciones máximas del primer ensayo con las del segundo, se encuentra que las de este son superiores, como consecuencia de tener un suelo de mejor productividad y condiciones de población más ajustadas a la capacidad productiva del Híbrido de acuerdo con las deducciones mencionadas anteriormente, y que se confirman en este segundo ensayo al encontrarse una menor incidencia de los factores desfavorables como el acamamiento y esterilidad, factores que se discuten en otra sección de este mismo capítulo.

Comparadas las producciones de este segundo ensayo de acuerdo con los requisitos mínimos de la prueba Duncan se encuentran diferencias significativas en producción entre los tratamientos que conjugaron las mayores poblaciones (74.074 y 55.555 plantas por Ha.) con las menores distancias entre surcos (45 y 60 cm.) y los demás tratamientos (Tabla III).

Al colocar los datos de la Tabla III se pueden observar las tendencias generales de las distintas poblaciones, a una misma distancia entre surcos y de una misma población a diferentes distancias entre surcos en relación con la producción.

A la distancia de 90 cm. entre surcos, encontramos que no hay variación en la producción al aumentar la población. En la distancia de 60 cm. se presenta una situación similar pero con tendencia a dar la mayor producción en las mayores poblaciones. En 45 cm. en-

tre surcos se presenta una respuesta general en la producción la cual se incrementa a medida que aumenta la población.

Al unir los puntos de las producciones de una misma población a las diferentes distancias entre surcos, encontramos que a la población de 74.074 plantas/Ha. aumenta con la disminución del espaciamento entre surcos.

— T A B L A III —

**Producciones obtenidas a las diferentes distancias de siembra.**

Distancia entre surcos. cm.	Distancia entre Plantas. cm.	Población plantas/Ha.	Producción ton./Ha.	Promedio ton./Ha.
90	15	74.074	6.10	6.17
	20	55.555	6.30	
	25	44.444	6.12	
60	22.5	74.074	6.92	6.86
	30	55.555	6.98	
	37.5	44.444	6.70	
45	30	74.074	7.25	6.80
	40	55.555	6.92	
	50	44.444	6.22	

Con la población de 55.555 plantas/Ha. la producción se incrementa al disminuir la distancia de 90 a 60 cm. y más o menos se mantiene constante al disminuirla a 45 cm. entre surcos. La población de 44.444 plantas/Ha. siempre produce menos que las otras poblaciones a cualquier distancia entre surcos.

**Factores dependientes de las densidades de población.**

Se hace esta discusión con el fin de evaluar y estudiar en qué forma inciden sobre la producción los diferentes factores del rendimiento, cuando varía la distribución de las plantas.

**a).— Plantas sembradas, perdidas, estériles y efectivas.**

Se estudiará primero lo que sucede con los diferentes factores anteriores cuando manteniendo constante la población, se varían las distancias entre surcos.

### 1.— Población de 74.074 plantas por hectárea.

Se observa que el número de plantas efectivas es mayor al disminuir la distancia entre surcos, lográndose el mayor número con la distancia de 45 cm. El porcentaje de plantas perdidas decrece al disminuir la distancia entre surcos, e igual se nota con el porcentaje de plantas estériles.

Las mayores pérdidas ocurren por concepto de esterilidad en todas las distancias entre surcos.

En resumen la mejor distancia para esta población según las anteriores consideraciones sería 45 cm. entre surcos y 30 entre plantas.

Una vez hecha la aclaración anterior se puede observar que:

- 1.—La mayor pérdida en las tres poblaciones se debe a esterilidad.
- 2.—A medida que se reduce el espacio de 90 a 60 cm. disminuyen las pérdidas por esterilidad.
- 3.—Si continúa reduciéndose el espacio entre surcos a 45 cm. las plantas perdidas se reducen y la esterilidad vuelve a aumentar.
- 4.—En cuanto a la producción se observa que esta aumenta siempre en mayor proporción, al pasar de 90 a 60 cm. entre surcos, y que solo se nota aumento de 60 a 45 cm. en la población mas alta, pero siempre hay mayor rendimiento a las distancias de 60 y 45 cm. que a 90 cm. en sus respectivas poblaciones.

En la Tabla IV se puede observar que a 60 y 45 cm. entre surcos ocurren los mejores rendimientos y que estas distancias entre surcos, corresponden las menores pérdidas por concepto de esterilidad y plantas perdidas.

Además en los surcos de 60 cm. ocurre el menor porcentaje de esterilidad y en los de 45 cm. el menor porcentaje de plantas perdidas.

— T A B L A IV —

Producción, porcentaje de plantas estériles y perdidas a los diferentes espaciamientos entre surcos

Distancia entre surcos cm.	Producción ton./Ha.	% plantas estériles	% Plantas perdidas	% plantas estériles + % plantas perdidas
90	6.2	9.0	5.1	14.1
60	6.9	3.7	4.8	8.5
45	6.8	7.9	3.7	11.6

## b).— Plantas caídas y plantas paradas.

Como se aprecia en la tabla V el porcentaje de plantas paradas es aproximadamente igual para todas las distancias entre surcos a sus respectivas poblaciones, mostrándose la tendencia natural de ser mayor el porcentaje de plantas paradas cuando disminuyen las poblaciones dentro de cada una de las distancias entre surcos.

En cuanto a las plantas caídas, éstas aumentan ligeramente cuando la distancia entre surcos disminuye.

Relacionado con los factores anteriores está el diámetro de los tallos; si analizamos los datos de la Tabla V, encontramos que a igual población, la variación en la distancia de los surcos no ocasiona ningún efecto apreciable en el diámetro de los tallos siendo estos aproximadamente iguales a las mismas poblaciones. También se aprecia

— T A B L A V —

**Plantas caídas, diámetro de tallos, y relación número de mazorcas/plantas efectivas para los diferentes espacios entre surcos y entre plantas.**

Distancias entre surcos	Distancias entre plantas cm.	Plantas sembradas/Ha.	Plantas Caídas /Ha.	% Plantas Caídas	Diámetro de tallos cm.	Mazorcas por plantas efectivas
90	15	74.074	9.351	12.6	2.07	0.94
	20	55.555	5.555	10.0	2.21	1.05
	25	44.444	3.240	7.3	2.31	1.09
60	22.5	74.074	10.583	14.2	2.06	0.98
	30	55.555	5.833	10.5	2.22	1.05
	37.5	44.444	3.500	7.8	2.29	1.14
45	30	74.074	8.412	11.3	2.04	0.98
	40	55.555	7.460	13.4	2.31	1.12
	50	44.444	5.873	13.2	2.36	1.13

que el porcentaje de plantas caídas disminuye al aumentar el diámetro de los tallos entre los surcos de 90 y 60 cm., pero en 45 cm. entre surcos, ocurre todo lo contrario, el porcentaje de plantas caídas aumenta, aunque el diámetro del tallo es mayor.

Una posible explicación de esto puede ser el dato que se anota en la misma Tabla, en la cual el índice o relación número de mazor-

cas por plantas efectivas es de 1.12 y 1.13 lo cual indica que en estas distancias hay plantas caídas, debido al mayor peso que debe soportar la planta; además la amplia distancia entre plantas pudo determinar un menor soporte entre las plantas.

c).— Número y peso promedio por mazorca.

Una manera práctica y objetiva de ver la influencia de una mejor distribución ocasionada por la disminución de la distancia entre surcos con las diferentes poblaciones estudiadas, se muestra al analizar los resultados en la cual se discriminan para cada una de las poblaciones y distancias en tre surcos las mazorcas grandes (250 gr.) medianas (150 a 250 gr.) y pequeñas (150 gr.).

Se parecía que en cada una de las poblaciones hay un efecto marcado de una mejor distribución de las plantas al reducir la dis-

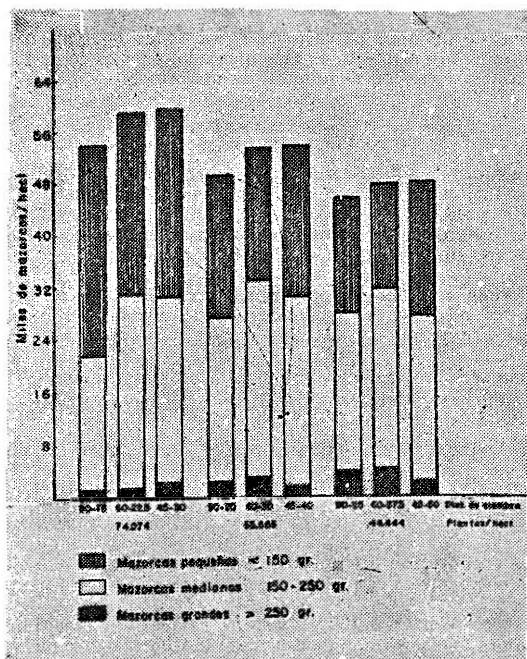


FIGURA 7. — Influencia de la distribución y la población en el número de mazorcas grandes, medianas y pequeñas.

Foto: J. M. Córdoba.

tancia entre los surcos y aumentar la distancia entre plantas. Tal efecto lo representan el mayor número de mazorcas grandes, medianas y pequeñas que se observan en las tres poblaciones esuuiuaas, pero en mayor proporción a medida que se aumenta la población, lo cual nos indica que para altas poblaciones es necesario una mejor distribución de las plantas y que estas respondan favorablemente a ello.

Para concluir lo anotado antes, la Figura muestra los datos sobre el número total de mazorcas para cada uno de los tratamientos y su peso por mazorca. Se aprecia también claramente el efecto de la mejor distribución sobre el rendimiento final que estaría compuesto de la interacción de los factores estudiados en la Figura referida.

En esta figura se puede notar o un mayor número de mazorcas, y/o un peso promedio más alto en las poblaciones, cuando se disminuye la distancia entre surcos o sea en los surcos de 69 y 45 cm.

Además en las altas poblaciones o sea donde ocurrieron los mejores rendimientos, el efecto es más marcado, pues es tanto en el peso por mazorca como en el número de mazorcas. .

#### V.— CONCLUSIONES

- 1.—Se encontró que la producción aumentaba significativamente, con la mejor distribución debida a la menor distancia entre surcos (60 y 45 cm.) y mayor espacio entre plantas (22.5-30 cm. respectivamente), en comparación con la distancia testigo de 90 cm. entre surcos y 15-20 cm. entre plantas.
- 2.—La óptima densidad de población para el H-250 varió de 55.555 a 74.074 plantas/Ha. para las menores distancias entre surcos 60 y 45 cm.)
- 3.—Las mejores producciones obtenidas fueron las siguientes:
  - 7.2 ton/Ha. a 45 cm. entre surcos y 30 cm. entre plantas.
  - 7.0 ton/Ha. a 60 cm. entre surcos y 30 cm. entre plantas.
  - 6.9 ton/Ha. a 45 cm. entre surcos y 40 cm. entre plantas.
  - 6.9 ton/Ha. a 60 cm. entre surcos y 22.5 cm. entre plantas.
- 4.—No se encontraron diferencias en la producción al reducir el espacio entre surcos con poblaciones menores de 44.444 plantas/Ha.
- 5.—Los surcos estrechos (60 y 45 cm.), rindieron mayor número de mazorcas y/o mayor peso por mazorcas, que la distancia testigo de 90 cm. entre surcos.
- 6.—En los surcos de 45 y 60 cm. ocurrieron las menores pérdidas por esterilidad y plantas perdidas.

- 7.—No se encontró respuesta a la dosis de 150 Kg/Ha. de nitrógeno, en las diferentes distancias de siembra del primer ensayo.
- 8.—Un índice de población puede ser el número de mazorcas por planta:
- a.—Población escasa: Muchas plantas con 2 ó más mazorcas.
  - b.—Población óptima: Una mazorca por planta.

#### S U M M A R Y

To determine the best population density per surface unit in maize using hybrid Diacol H-205, an experiment was carried out in the "Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Palmira". The treatments in the first test, using a split plot designs, were:

- (A) Distances between rows (main plots): 90-60-45 cm.
- (B) Distance between plants (sub-plots): 15-25-35 cm.
- (C) Two nitrogen levels (sub-sub plots): 75:150 Kg/Ha.

This first essay was performed to obtain a general idea about the behavior of the different populations in connexion with their production, relation with the amount of lost and sterile plants, ear average weight, and lodging of plants.

The results have shown that the greatest productions, with the minor lodging, were obtained with the following distribution (first number indicates the distance between rows, second number indicates the distance between plants) 45-35 cm. (5.3 ton/Ha.), 60-35 cm. (5.0 ton/Ha.), 90-25 cm. (4.9 ton./Ha.) and 60-35 cm. (4.7 ton/Ha.). The smallest productions were obtained with 45-15 cm. (2.0 ton/Ha.) and 60-15 cm. (3.6 ton/Ha.).

The greatest amount of lost and sterile plants was observed with 15 cm. between plants, increasing with the decreasing distance between rows. In the greater density sow the effective population was about 60.000 plants/Ha.

According to the above results it was made a second test with the following treatments:

- (A) Aqual to previous (A) test.
- (B) With populations of 74.074, 55.555 and 44.444 plants/Ha. (subplots), near those that in first experiment gave the greatest productions (and also similar to the effective population to which were reduced the populations of greatest density of the first experiment). The N treatments were eliminated because the 150 Kg/Ha. dose gave no response. Only was continued the 75 Kg/Ha. dose in all plots.

From this second experiment it can be said that with a 90 cm. distance between rows possibly there is no response to population greater than 55.555 plants/Ha. With 60 cm. distance between rows the greatest productions were obtained with populations of 55.555 and 74.074 plants/Ha. that although had not significant difference between them, gave better production than with 90 cm. distance between rows. With 45 cm. distance between rows the greatest population 74.074 plants/Ha. gave the greatest production of all experiment. The treatments gave the following results:

45 cm. between rows x 74.074 plants/Ha. 7.2 ton/Ha.

60	"	55.555	"	7.0	"
60		74.074		6.9	
45		55.555		6.9	
60		44.444		6.7	
90		55.555		6.3	
45		44.444		6.2	
90		74.074		6.1	
90		44.444		6.1	

It was found that the percentage of lost and sterile plants decreased when the space between rows was reduced.

The percentage of plants lodged was less at 90 cm. than 60 or 45 cm. distance between lines.

The total amount of ears increased with decreasing distance between rows.

With the greatest populations the weight per ear increased with the distance reduction between rows.

## VI. — BIBLIOGRAFIA

1. ———. — Narrow Rows Net Grower N° 33/A California Farmers Reports. Better Crops with Plant Food. 49 (6): 33-34. 1965-66.
2. ———. — Narrow Rows Command Increased. Interest. The Dekalb "200" Club Dedicated to the Pursuit of Higher Corn Yield. Bol. 4 (15): Sin pag. 1965.
3. ———. — Rows Narrowed, Yields Up. Better Crops with Plant Food. 48 (1): 9. 1964.
4. ———. — Up your Stands with Right Planting. Better Crops with Plant Food 48 (2): 40-41. 1963.
5. ———. — Ear size.... Corn Yield Clue. Better Crops with Plant Food. 48 (4): 22. 1964.

6. BYRD, R.— More Plants... More in Corn Future. Better Crops with Plant Food. 48 (4): 23. 1964.
7. COLVILLE, W. L.— First and Horse.... or Modern Corn Methods. Better Crops with Plant Food. 48 (1): 8-9. 1964.
8. DUNCAN, E. R.— Corn —Increased Plant Population— Higher Yields. Iowa State University. 2p. 1965. (En mimeógrafo).
9. —————.— Relación entre el número de Granos en la siembra y el Rendimiento. Agricultura de las Américas. 8 (4): 38-40. 1959.
10. HATFIELD, A.L. y J.L. RAGLAND.— New concepts in corn growth. Plant. Food review. 12 (1): 2-3. 1966.
11. LANG, A.L. J.W. PENDLETON y G.H. DUNGAN.— Influence of population and nitrogen levels on yield and protein and oil content of minehybrids. Agr. Jour. 48 (7): 284-289. 1956.
12. SHIBLES, R.M., W.G. LOVELY and H.E. THOMPSON.— Corn Corn and soybeans, narrow rows. Iowa farm science. Exp. Sta. 20 (9): 3-6. 1966.
13. STIVERS, R.L. and O.W. LEUTKEMEJER.— Effect of row widths and population on the performance of corn at Lafayette, Ind. in 1965. Purdue University. Agr. Exp. Sta. Rept. 229. 1966.
14. Tanner, J. W. — Why narrow rows... if an acre of plants plus sunlight makes a factory, why not use the "floor space" to the fullest. The furrow. 15 (2): 8-9. 1965.
15. Thompson, J. W. — Why narrow rows for weed control. Crops and soils. 17 (3): 11-12. 1964.

