

EFFECTO DE LA DISTANCIA DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO Y EXPANSION
DEL MAIZ PALOMERO N.L. V.S.- 100 (Zea mays L. SUBESPECIE everta)
EN APODACA, N.L. MEXICO

Roberto Arias Milla +

INTRODUCCION

Hasta la fecha, el maíz palomero que se consume en México se importa de los Estados Unidos de América en su totalidad. La División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, inició desde 1966, un programa de investigaciones, aplicando métodos de fitomejoramiento genético, los que culminaron con la obtención de la variedad N.L - V.S.-100, que tiene buen rendimiento y su capacidad de expansión es comparable a la de algunos híbridos y variedades introducidas a México.

Una buena variedad de maíz palomero, y en general cualquier especie vegetal, requiere de condiciones óptimas para que el genotipo manifieste un buen fenotipo, siendo así, la importancia de este trabajo de investigación es suficiente, puesto que, es seguro que la población óptima por unidad de superficie en maíces dentados no será la misma que para maíces palomeros, ya que éstos últimos por ser de menor altura y menor desarrollo vegetativo, requerirán menor espacio y por lo mismo la densidad de siembra deberá ser mayor.

LITERATURA REVISADA

Factores que determinan la densidad

Huber, citado por Aguilar(1), afirma que las densidades de población por unidad de superficie son atributos del complejo biótico y es un factor que requiere estudio especial.

Es ahora generalmente aceptado, que la densidad de siembra óptima en maíz está sujeta a cambios. Por lo que las densidades varían con la fertilidad y humedad del suelo, variedad utilizada y con el porcentaje de germinación(12).

Yao y Shaw(13), encontraron que existen factores que determinan el efecto de espacio y población sobre el rendimiento, entre los cuales citan: sombreo mutuo entre plantas nutrientes disponibles para las plantas, enfermedades de las plantas y movimiento de CO₂.

Kiesselbach citado por Colville y Mc Gill(4), sugiere que donde la humedad fuese limitada la población deberá ser reducida de acuerdo a las condiciones locales.

Yao y Shaw(13), encontraron que un espacio más amplio, entre plantas, generalmente se asocia con radiaciones más altas. Esta radiación neta total más alta, resulta en una pérdida más alta de agua.

+ Ingeniero Agrónomo Fitotecnista, CENTA, El Salvador.

Efecto de la densidad sobre las características agronómicas de las plantas.

Corville(3), observó que la densidad de siembra en maíz ha sido reconocida como uno de los factores más importantes que contribuyen a la formación de grano.

Duncan (6), encontró que el **logaritmo** del rendimiento promedio individual de plantas de maíz, mantiene una relación lineal con la población.

Según Rutger y Crowder (12), al número de mazorca por 100 plantas disminuye a medida que se aumenta la población.

Fishbeck y Aufhammer (8), encontraron que a medida que incre--
menta la población el peso del grano disminuye, y más en variedades tardías.

Espino (7), encontró que al aumentar la densidad de siembra, el por ciento de cuatéo baja y se reduce el tamaño de la mazorca.

Fishbeck y Aufhammer(8) determinaron que un incremento en po--
blación causa un incremento en altura de plantas.

Lutz (10). observó que el por ciento de humedad en el grano no
es ve afectado por la densidad de siembra.

Colville y McGill(4) afirman que la maduración sufre un leve -
retraso, encontraron que con cada aumento de 9 886 plantas por hectá--
rea la humedad del grano se incrementa en un 0,37 por ciento.

Densidade de siembra

Robles (11) y Gómez (9) concluyen, que para la variedad N.L.
V.S.-1, en el Campo Agrícola Experimental de Apodaca, Nuevo León, la
densidad de 40 000 plantas por hectárea fue la mejor en lo que res--
pecta a buenos rendimientos.

Brunson (2) nos señala que en general la densidad óptima de --
siembra para maíces palomeros, será aquella en la que existan de
1,25 a 1,75 más plantas por hectárea, que la densidad óptima para
maíces dentados, en la misma zona.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el ciclo de primavera
de 1972, en el Campo Agrícola Experimental del Instituto Tecnológi--
co y de Estudios Superiores de Monterrey, localizado en el municipio
de Apodaca, N.L. situado a una altura de 420 metros sobre el nivel
del mar, 25° 25' de latitud Norte y 100° 06' de latitud Oeste; sien--
do el suelo calcáreo y pobre en materia orgánica.

Para realizar el trabajo de investigación se proyectó un diseño experimental con una distribución de parcelas en Cuadrado Latino 6 x 6. La parcela total estuvo constituida por 5 surcos de 5 metros de largo y con una distancia de .92 centímetros entre surcos, tomándose como parcela útil los 3 surcos centrales.

Para determinar la densidad óptima de siembra en maíz palomero, se utilizó la variedad N.L- V.S.=100. Los tratamientos estuvieron constituidos por las siguientes distancias entre plantas: 15, 20, 25, 30, 35, y 40 centímetros.

La siembra se realizó el 7 de marzo de 1972, se hizo a mano, depositando una semilla cada 5 centímetros. Posteriormente, cuando las plantas tenían alrededor de 10 centímetros de altura se efectuó el aclareo, dejando una planta por mata. Para esto se utilizaron cadenas metálicas, medidas y previamente marcadas con las distancias correspondientes, para sí obtener los tratamientos en estudio. Se establecieron parcelas para aumentar semilla por "cruzas fraternales". El cultivo se llevó a cabo sin aplicación de fertilizantes, bajo condiciones de riego, dando 5 riegos de auxilio durante el ciclo. Las condiciones de lluvia y temperaturas para el ciclo de primavera de 1972 se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Temperaturas y precipitaciones registradas durante el ciclo de primavera de 1972 en Apodaca, Nuevo León

Mes	Temp.Min. (°C)	Temp. Max. (°C)	Temp.Prom. (°C)	PRECION (mm)
Marzo	2,9	37,2	20,3	19,4
Abril	5,0	40,4	23,8	18,1
Mayo	14,5	34,4	23,0	122,0
Junio	14,6	35,0	25,2	161,7
Total				321,2

El control de malezas se efectuó mediante una combinación de métodos: mecánicos y manuales.

Se cosechó a mano el 4 de julio de 1972. Durante el ciclo agrícola del cultivo, el cual tuvo una duración de 120 días, se hicieron 5 aplicaciones de DDT al 10 por ciento, para combatir trips (Frankliniella occidentalis Pergande) pulga saltona (Chaetocnema Spp) y gusano cogollero (Spodoptera frugiperda)

Para evaluar los efectos se observaron los siguientes caracteres:

1. Días a la floración
2. Altura de plantas
3. Grosor del tallo
4. Longitud y ancho de hoja
5. Porcentaje de plantas quebradas y encamadas
6. Longitud y diámetro de mazorca
7. Días a la maduración fisiológica
8. Producción de grano y
9. Capacidad de expansión

Capacidad de expansión

Para el estudio del efecto de la densidad de siembra sobre la capacidad de expansión, se estableció un lote de 6 parcelas; con 10 surcos de 5 metros de largo cada una. A cada parcela se le asignó una distancia de siembra, correspondiente a cada tratamiento.

Para evitar el efecto de xenia, se realizaron cruces fraternales, para éste, se dividieron las parcelas en dos secciones de 5 surcos cada una. El tapado de los jilotes se realizó antes de que éstos se volvieran receptibles, utilizando bolsas de papel encerado; las flores masculinas se cubrieron con bolsas de papel, especiales para esta labor. Se hicieron varias polinizaciones para asegurar una buena producción de grano.

Las pruebas de expansión se realizaron en los laboratorios del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Para esto se usó: una olla con tapadera, aceite de cártamo y algodón y una fuente de calor. Se realizaron 4 repeticiones para cada distancia y para el maíz palomero Condy. Como muestra se tomaron 20 centímetros cúbicos de cada tratamiento.

RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSION

El principal objetivo de este trabajo fue el de evaluar el efecto de las diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento, capacidad de expansión y caracteres agronómicos del maíz palomero N.L. - V.S. 100. Los resultados se presentan mediante Cuadros y Gráficas, en una secuencia de acuerdo a la importancia de los caracteres estudiados.

Producción de Grano

En el histograma que aparece en la Fig. 1 se muestra el efecto de la distancia de siembra sobre el rendimiento de grano. Los resultados están transformados a kilogramos por hectárea.

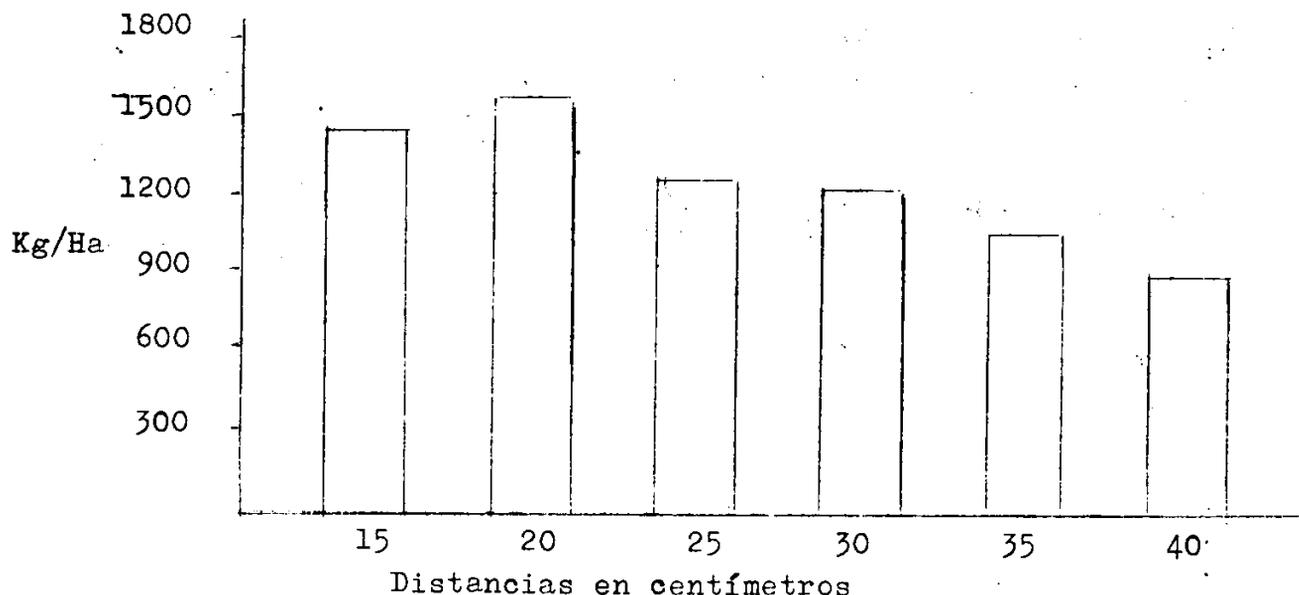


Fig.1 Efecto de 6 distancias de siembra sobre el rendimiento de grano, durante el ciclo de primavera en Apodaca, Nuevo León. 1972

Los resultados de rendimiento por parcela se analizaron estadísticamente para determinar la variación, encontrando una diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 2); por lo que se efectuó una comparación de las medias de cada tratamiento, utilizando para tal fin la prueba de Tuckey.

Cuadro 2: Análisis de variación observado en el rendimiento de grano de maíz palomero, sembrado a 6 diferentes distancias de siembra en primavera de 1972

CAUSAS	G.L.	S.C.	F.C.
Hileras	5	0,332	2,61 ^{n.s}
Columnas	5	0,326	0,87 ^{n.s}
Tratamientos	5	0,466	3,67 ⁺
Error	20	0,127	
Total	35	0,233	

C.V. = Coeficiente de Variabilidad

n s = No significativo

$F_{t,0,05} = 2,71$; $F_{t,0,01} = 4,10$

+ = Significativo

PRUEBA DE TUCKEY

Dist. en cm	20	15	25	30	40	35
Rend.en Kg/parcela	2139	2054	1809	1684	1571	1420

$w = 0,648$

De acuerdo a las observaciones y análisis estadísticos realizados, se determinó que el mejor tratamiento en lo que se refiere a rendimiento fue la distancia de 20 centímetros entre plantas, que nos da una densidad de 52 248 plantas por hectárea.

Por medio de Polinomios Ortogonales se determinó, que en general la tendencia de los tratamientos es lineal; o sea que a medida que se incrementa la distancia entre plantas el rendimiento se disminuye, lo cual esta de acuerdo con las observaciones hechas por Duncan(6)

Al hacer la prueba de "t" las variables (distancias de siembra y rendimiento de grano) mostraron que el coeficiente de regresión (0,027) fue significativo ($t_c = 4,19$) a ($p = 0,05$), lo que demuestra que el rendimiento se ve afectado al aumentar la distancia de siembra entre plantas. A su vez estos caracteres están altamente correlacionados ($r = 0,901$).

A través de la línea de regresión se encontró, que en promedio por cada 5 centímetros que se aumenta la distancia entre plantas el rendimiento se disminuye en 27 gramos, los que transformados a kilogramos por hectárea representan casi 300 kilogramos por cada incremento, Esto se puede observar mejor en la Fig. 2.

Cuadro 3. Rendimiento de grano en kilogramos por hectárea, distancias de siembra y densidades de población teóricas, durante el ciclo de primavera de 1972 en Apodaca, N.L.

Distancia en cm.	Densidades Plantas/Ha	Rendimiento Kg/Ha
15	72 464	1481,51
20	52 248	1550,73
25	43 478	1311,60
30	36 232	1217,39
35	31 159	1029,00
40	26 124	1137,68

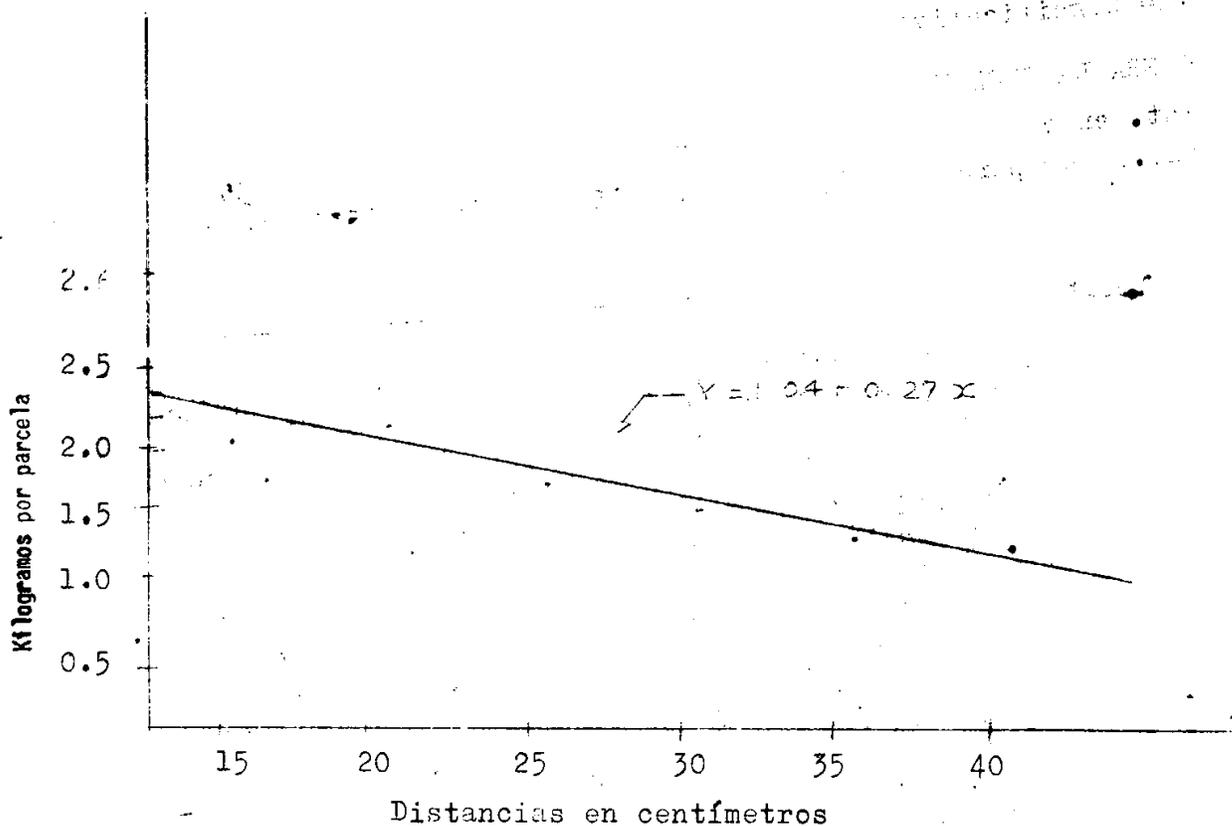


Fig. 2 Línea de regresión de la distancia de siembra "X" sobre el rendimiento de grano "Y", en Apodaca, Nuevo León, en primavera de 1972.

Robles (11) encontró que la densidad óptima de población para el maíz dentado N.L - V.S. 1 para las condiciones de Apodaca, N.L. es de 40 000 plantas por hectárea y Brunson (2) afirma que en maíces palomeros se deben utilizar como óptima, poblaciones que tengan de 1,25 a 1,75 veces más plantas por unidad de superficie que la población óptima para maíces dentados en la misma zona. En el presente trabajo se obtuvieron los rendimientos más altos con una población de 52 248 plantas por hectárea, equivalente a un espaciamiento entre plantas de 20 centímetros; esta densidad representa una población 1,30 veces mayor que la óptima para maíces dentados.

Capacidad de Expansión

Para determinar el efecto de la distancia de siembra sobre la capacidad de expansión se tomaron muestras de 20 centímetros cúbicos del grano cosechado de las "cruzas fraternales". Los resultados se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Efecto de la densidad de siembra sobre la capacidad de expansión. Los datos representan la media de 4 repeticiones, tomando como volumen inicial 20 centímetros cúbicos.

Tratamientos	Vol. final cm ³	en	Vol. de expansión
Condy (Marca comercial)	341		17
15 centímetros	279		14
20 "	463		23
25 "	398		20
30 "	338		17
35 "	304		15
40 "	256		13

En general se observó que a partir de la densidad óptima de población a medida que se incrementa la distancia de siembra la capacidad de expansión disminuye.

A pesar de que no hay diferencia significativa entre las distancias 15, 20, 25, 30, 35, y 40, los datos indican la tendencia de una distancia óptima, aquella de 20 centímetros entre plantas, que también mostró la mayor capacidad de expansión.

Como resultado de las cuatro repeticiones, observamos que la distancia de 20 centímetros entre plantas además de producir el rendimiento más alto también resultó ser la mejor distancia en lo que se refiere a este carácter.

Para poder realizar una comparación entre el maíz palomero N.L - V.S. 100, se procedió a realizar pruebas de expansión para las variedades comercial Condy (marca comercial), como se puede observar en el Cuadro 4, la capacidad de expansión (promedio de 4 repeticiones) de esta variedad comercial fue inferior al promedio del N.L - V.S. 100. Esto nos hace pensar que la variedad en estudio es bastante prometedora y se puede comparar con las variedades existentes en el mercado.

Altura de planta

Los resultados obtenidos en el estudio de los distintos tratamientos para este carácter se muestran en la Fig. 3. El análisis de variación se presenta en el Cuadro 5, éste nos indica por medio de una diferencia altamente significativa entre tratamientos, que la distancia de siembra tiene un gran efecto sobre el carácter altura de planta. La comparación de las medias de los tratamientos se realizó por medio de la prueba de Tuckey.

Cuadro 5. Análisis de variación observado en la altura de planta de maíz palomero, sembrado a 6 diferentes distancias de siembra en Apodaca, N.L., durante la primavera 1972.

Causas	G.L.	S.C.	F.C.
Hileras	5	51,73	5,49++
Columnas	5	42,12	4,47++
Tratamientos	5	79,04	8,40++
Error	20	9,42	
Total	35	38,15	
Coeficiente de Variabilidad	=	2,08	

++ = Altamente significativo

$F_t = 2.71$ $F_t \sim 0.05$ $F_t = 4.10$ $F_t \sim 0.01$

Prueba de Tuckey para altura de planta

Distancias	15	25	20	30	35	40
Medias	135,1	133,6	131,2	129,3	128,6	125,0

En la Fig. 3 se puede observar que a medida que se aumenta la distancia entre plantas éstas son más pequeñas, esto concuerda con los estudios hechos por Fischbeck y Aufhammer(8), La menor altura se obtuvo en poblaciones de 26 124 plantas por hectáreas y la mayor altura (135,1 centímetro) se encontró en la mayor densidad de población.

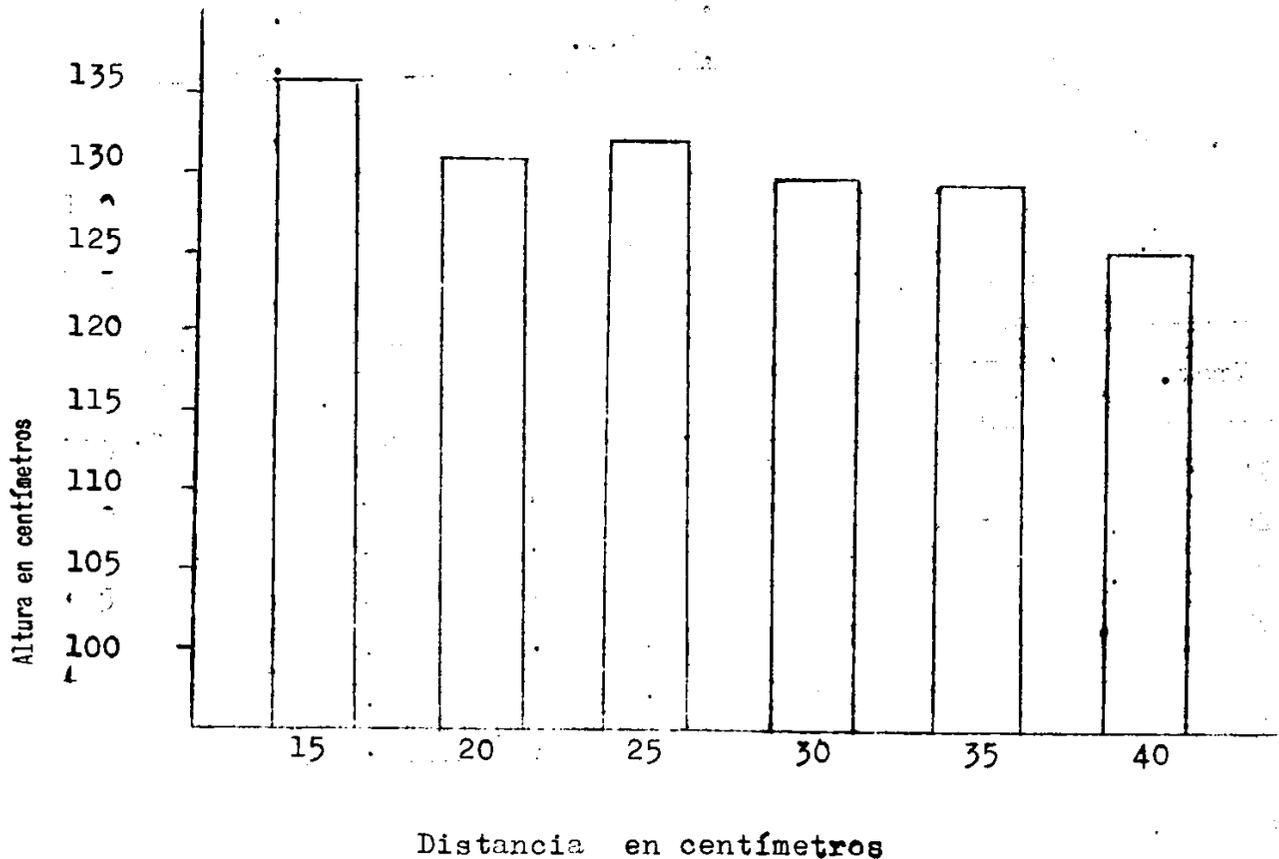


Fig. 3. Efecto de la distancia de siembra sobre altura de plantas, en Apodaca, N.L. durante la primavera de 1972.

Otros caracteres agronómicos

El análisis estadístico de los siguientes caracteres, Cuadro 6, grosor del tallo, longitud y ancho de hoja, longitud y diámetro de mazorca, demostró que la distancia de siembra no tuvo efecto estadístico significativo sobre ellos.

Número de días a la Floración

Los días a la floración se calcularon en base al 50 por ciento de floración masculina; los resultados se presentan en el Cuadro 8.

No se realizó análisis estadístico para esta característica debido a que no se observó mucha variación entre tratamientos. Los resultados están de acuerdo con los estudios de Lutz.

Cuadro 6. Análisis de varianza observados en: grosor del tallo longitud y ancho de hoja y longitud y diámetro de la mazorca, en Apodaca, N.L. en primavera de 1972.

Caracter	Tratamientos F.C.	C.V.
Grosor del tallo	0,50 n.s.	23,80
Longitud de hoja	1,72 n.s.	4,20
Ancho de hoja	2,18 n.s.	4,98
Longitud de mazorca	1,80 n.s.	6,72
Diámetro de mazorca	0,03 n.s.	6,13

n.s. = No significativo

C.V. = Coeficiente de variabilidad

Cuadro 7. Promedios de 6 repeticiones de los caracteres que se indican. Apodaca, N.L., primavera de 1972.

Trat.	Rend. Kg/Par.	C e n t í m e t r o s					
		Altura Planta	Gros. tallo	Long. Hoja	Ancho Hoja	Long. Mazc.	Gros. Mazo.
15	2,05	135,1	0,92	59,9	6,80	12,7	1,67
20	2,14	131,2	1,01	61,0	6,58	12,4	1,66
25	1,81	133,6	1,04	60,5	6,85	12,0	1,70
30	1,68	129,3	1,03	59,7	7,08	12,0	1,71
35	1,57	128,6	1,13	57,7	7,13	12,8	1,70
40	1,42	125,0	1,10	58,0	6,93	12,6	1,70

Cuadro 8. Efecto de 6 distancias de siembra sobre el carácter. 2 días a la floración, en el ciclo de primavera de 1972, en Apodaca, N.L. Promedios de 6 repeticiones

Dist.. en cm.	15	20	25	30	35	40
Días	70,3	70,3	70,1	70,1	70,1	70,0

Número de días a la maduración Fisiológica

Los resultados obtenidos, Cuadro 9, se obtuvieron en base al estado en que se encontraba el grano, considerando como grano fisiológicamente maduro aquel que se encontraba en "estado masoso". Podemos considerar que las plantas en los diferentes tratamientos alcanzaron la madurez fisiológica a los 104 días.

Los resultados encontrados están de acuerdo con los estudios hechos por Colville y McGill (4) pues se puede observar un leve retraso en la maduración a medida que se disminuye la distancia entre plantas.

Cuadro 9. Efecto de la distancia de siembra sobre la maduración fisiológica, en primavera de 1972, Apodaca, N.L. Promedios de 6 repeticiones.

Dist. en cm.	15	20	25	30	35	40
Días	104,6	104,5	104,1	104,1	104,0	104,0

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, durante el ciclo de primavera de 1972.

Para evaluar el efecto de las diferentes distancias de siembra sobre el maíz palomero, variedad N.L. - V.S. 100, se tomaron los siguientes datos: rendimiento de grano, capacidad de expansión, altura de planta, porcentaje de caña, diámetro del tallo, longitud y ancho de hoja, longitud y grosor de mazorca, número de días a la floración y número de días a la maduración fisiológica.

Los resultados mostraron una diferencia significativa entre tratamientos para rendimiento de grano y altura de planta. Se encontró que la distancia de siembra influye mucho sobre la longitud de la planta.

El análisis estadístico de los siguientes caracteres, grosor del tallo, longitud y ancho de hoja, longitud y diámetro de mazorca, demostró que la distancia de siembra no tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre estos factores.

Se observó poca variación entre tratamientos en lo que se refiere a los siguientes caracteres: días a la floración, número de plantas "acamadas", y número de días a la madurez fisiológica.

Por medio de la línea de regresión se determinó que por cada 5 centímetros que se incrementa la distancia entre plantas el rendimiento se disminuye en 27 gramos, los que transformados a kilogramos por hectárea representan casi 300 kilogramos.

Los resultados obtenidos sugieren que la mejor distancia de siembra es la de 20 centímetros entre plantas (52 248 plantas por hectárea), en lo que se refiere a rendimiento de grano y capacidad de expansión.

De acuerdo a los resultados de las pruebas de expansión, el N.L. -V.S. 100, fue mejor que la ampliamente distribuida marca comercial Condy.

BIBLIOGRAFIA

1. AGUILAR, G.E. Ensayo de rendimiento y densidad de siembra de 6 variedades de maiz (Zea mays L.) con fines forrajeros. Tesis (sin publicar). Esc. Agr. y Gan. del Inst. Tec. de Estudios Superiores de Monterrey. México, 1970
2. BRUNSON, A.M. Popcorn. Farmers' Bulletin No. 1679. USDA. Washington, 1958.
3. CORVILLE, W.L. Influence of Rate of Planting en seven Componets of Irrigated Corn. Agron. Jour. 54: 4: 298, 1962.
4. _____, y D.P. McGill. Efect of Rate and Method of Planting on Several Plant Characters and Yield of Irrigated Corn. Agron. Jour. 54:3:235, 1962.
5. _____, Hybrid Corn Industry Research Conference. Uni. of Nebraska, Lincoln Nebraska, 1967.
6. DUNCAN, W.G. The Relationship Between Population and Yield. Agron. Jour. Febrero de 1958.
7. ESPINO Q., D.A. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y caracteres agronómicos en cuatro variedades de maiz (Zea mays L.) en Apodaca N.L. Tesis (sin publicar). Esc. Agr. y Gan. del Inst. Tec. Est. Sup. de Monterrey, México, 1972.
8. FISCHBECK, G., y W. AUFHAMMER. The Significance of Ripening Group, Time of Sowing and Crop Density in Grain in Maize Cultivation. Field Crops Abstract. Vol. 24, 1972. p. 39.
9. GOMEZ P., J. L. Estudio de tres densidades de siembra en cuatro variedades de maiz. Tesis (sin publicar) Esc. de Agr. y Gan. del Instituto Tec. de Est. Sup. de Monterrey, México, 1969.
10. LUTZ, J.A. Jr. et al Row Spacing and Population effects on Corn Yields. Agron. Jour, 63:1:12, 1971.
11. ROBLES O., S. D. Distribución de la población y efectividad de las labores de cultivo en maiz. Tesis (sin publicar). Esc. de Agr. y Gan. del Inst. Tec. de Est. Sup. de Monterrey, México, 1966.
12. RUTGER, J.R. y L.V. GROWDER. Effect of Hingh Plant Density on Silage and Grain Yields of Six Corn Hybrids. Crop Science Vol. VII, 1967. p. 182
13. YAO, A.Y. y R.H. SHAW. Effect of Plant Population and Planting Pattern of Corn en Water Use and Yield. Agron. Jour. 56: 2:147, 1967.