

***Cuarta conferencia  
sobre***

***Mejoramiento  
de Maíz***

***en la Zona Andina***

**ICA - CIAT**

**Palmira, Colombia  
Noviembre 2 - 5, 1971**



CUARTA CONFERENCIA SOBRE MEJORAMIENTO DE MAIZ EN LA  
ZONA ANDINA

ICA-CIAT

Palmira, Colombia - Noviembre 2-5, 1971

Publicación hecha por el Programa de Maíz, Centro Internacional de Agricultura  
Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 67-13, Cali, Colombia. Febrero, 1972.

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO DE SEIS VARIEDADES  
DE MAIZ FORRAJERO<sup>1/</sup>

Cristóbal Villasís<sup>2/</sup>

INTRODUCCION

El cultivo del maíz por su amplio rango de adaptación tanto en altitud como en suelos es uno de los más difundidos en el Ecuador y aprovechado tanto para consumo humano como para consumo animal.

Como forraje es aprovechado por el ganado, principalmente bovino, que es fuente de riqueza y alimentación de los pueblos.

Reducida población de cualquier cultivo puede ocasionar desperdicio de terreno entre plantas, que de ser utilizado por otras, podría aumentar rendimientos y mejorar la economía del agricultor. Por otro lado, densidades excesivas son antieconómicas y favorecen el encamado.

REVISION DE LITERATURA

Pierre, Aldrich y Martin (6), reportan que los primeros estudios referentes a población de maíz datan de 1889 de Indiana, Illinois y Connecticut. Citan a Ritchey quien sumariizó estos estudios en 1933 y llegó a la conclusión de que la óptima densidad de maíz era mayor conforme se alejaban del Sur hacia el Norte de los Estados Unidos, con mayores suplementos de humedad, del más bajo al más alto nivel de productividad del suelo, y genéticamente, de las plantas más grandes a las más pequeñas.

Morrison (5) destaca la importancia del maíz en la alimentación del ganado ya sea en ensilaje, como forraje seco o como forraje verde fresco. En relación a la densidad de siembra, opina que varía según el destino que se dé a las plantas, la fertilidad del suelo y la precocidad de la variedad.

Rutger y Crowder (9), en un estudio con seis híbridos de maíz en poblaciones variables, obtuvieron altas producciones de forraje con 80.000 plantas/ha.

En Manitoba, Giesbreacht (4) encontró que la máxima población de plantas que puede soportar un suelo con suficiente humedad es de 60.000 a 75.000 plantas/ha., en cambio que, bajo severas condiciones de sequedad en Dakota del Sur obtuvo la más alta producción con solamente 10.000 plantas por hectárea.

Colville (3) reporta que la cantidad de luz que llega al suelo a través de las hojas disminuye con el incremento de número de plantas, pero se mantiene constante en poblaciones de 49.400 o más por hectárea. Indica también que plantas debidamente espaciadas, creciendo en poblaciones adecuadas, aumentan la utilización de la energía solar, incrementando el rendimiento del maíz.

---

1/ Adaptación de tesis presentada por el autor a la Facultad de Ingeniería Agronómica y Medicina Veterinaria de la Universidad Central del Ecuador como requisito parcial para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. 1971.

2/ Asistente del Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina, Quito, Ecuador, y actual becario del Programa de Maíz del CIAT.

Bokde (1) indica, luego de un estudio de densidades en que utilizó distancias entre plantas de 5 a 95 cms. que la distancia entre plantas influyó considerablemente sobre el desarrollo y crecimiento de casi todos los caracteres de la planta, los pesos de espiga y grano fueron influenciados linealmente por las distancias.

Ramírez (7) informa que el acame está en relación directa con la densidad de plantas.

Timmons, Holt y Moraghan (12) encontraron que en el Noroeste de la Faja Maicera de los EE.UU. la producción de forraje y el uso eficiente del agua se incrementaban con altas poblaciones.

Pierre, Adrich y Martin (6) dicen que cuando aumenta la densidad de población, el tamaño de la mazorca, el diámetro del tallo, el contenido de proteína del grano y el área foliar decrecen, mientras que el porcentaje de acame se incrementa. El efecto de la población sobre la altura de planta es todavía inconsistente. Similarmente Rutger y Crowder (10) encontraron que la altura de planta no fué considerablemente afectada por la población. En las densidades más abundantes, la altura de la mazorca fué incrementada, el diámetro del tallo, la longitud y diámetro de la mazorca y el número de hileras por mazorca disminuyeron considerablemente.

Reyes y González (8) trabajando con 50.000, 75.000 y 100.000 plantas/ha. en Monterrey en un ensayo de producción de forraje, observaron una tendencia lineal a disminuir la longitud y ancho de la hoja al aumentar la densidad de siembra; la densidad influyó directamente al porcentaje de acame, y sugieren como densidad más eficiente la de 50.000 plantas por hectárea.

Rutger y Crowder (9) indican que altas poblaciones pueden ser usadas tanto para la producción de grano como para la de forraje.

#### MATERIALES Y METODOS

El estudio fué realizado en la Estación Experimental "Santa Catalina" a una altitud de 2700 m. El suelo posee un pH de 6.0 con contenidos bajos de Nitrógeno, altos de Fósforo y medios de Potasio. La región se caracteriza por tener una época lluviosa o invierno, que se extiende de Octubre a Mayo, y una época seca o verano entre Julio y Septiembre. La temperatura media es de 13.7° C. durante todo el año.

El terreno fué preparado convenientemente, los surcos abiertos a 90 cm. entre sí, y para la siembra se utilizaron marcadores de madera preparados para el efecto. Se desinfectó el suelo con Aldrin 40% y para el control de malezas se usó Simazina. El cultivo fué fertilizado con abono completo de fórmula 10-30-10 al momento de la siembra y Urea 46% a los 60 días de la siembra.

Los factores en estudio fueron: a) seis distancias entre plantas sobre el surco; 15, 20, 25, 30, 35 y 40 centímetros, para poblaciones de 27.777 a 74.074 plantas/ha., la distancia entre surcos fué constante para todos los tratamientos a 90 cm., y b) seis variedades de maíz, cuyos nombres son: Forrajero Conocoto, Amaguaña, Chillos mejorado, Mexicano, Compuesto Forrajero e INIAP-176.

El diseño empleado fué el de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones y dispuesto en arreglo factorial.

La cosecha se realizó cuando el grano presentaba el estado semiduro, las

plantas se cortaron a ras del suelo.

A más del rendimiento de forraje fresco se tomaron datos de fecha de floración femenina, alturas de planta y mazorca, porcentaje de acame, vigor de las plantas y enfermedades.

#### RESULTADOS EXPERIMENTALES

En la presente investigación los datos sometidos a análisis estadístico fueron: rendimiento por parcela, días a floración, altura de planta y porcentaje de acame.

En relación al rendimiento los tratamientos presentaron diferencias altamente significativas; sus componentes variedades y distancias tuvieron también el mismo tipo de diferencias, no así la interacción variedades x distancias, en la cual no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Al desdoblar las distancias en sus componentes polinomios ortogonales, se pudo comprobar que la respuesta a rendimiento está dada por una alta significancia de la regresión lineal.

La prueba de significación realizada para variedades presenta a INIAP-176 y Forrajero Conocoto con 72 y 67 ton.m./ha. de materia verde respectivamente como las variedades superiores; Chillos Mejorado, Amaguaña y Compuesto Forrajero con 59, 54 y 52 ton.m./ha. respectivamente, en un rango intermedio de producción y en el rango inferior con solamente un rendimiento de 37 ton.m./ha. la variedad Mexicano. Todas estas producciones son un promedio de las seis distancias estudiadas.

La tabla No. 1 presenta los tratamientos que en rendimiento superaron la media general más una desviación standard, esto es los que rindieron sobre 64 ton.m./ha. de materia verde.

Días a Floración. El análisis de variancia indica diferencias altamente significativas para variedades, distancias y la interacción.

De la prueba de significancia se observa que respecto a precocidad las variedades estudiadas son notablemente diferentes, con un rango desde 115 días hasta 152 días a la floración; y con excepción de las variedades Amaguaña y Chillos Mejorado que son estadísticamente iguales, cada una de las restantes corresponde a un rango de precocidad distinto.

Para distancias se utilizó el análisis de polinomios ortogonales y prácticamente toda la variabilidad está explicada por la regresión lineal. En la tabla No. 1. se aprecian los días a la floración femenina de los tratamientos superiores.

Tabla No. 1. Rendimiento de Materia Verde, Días a Floración, Altura de Planta y Porcentaje de Acame.

VARIEDAD	Distancias en cm.	Rendimiento Ton.m./ha.	Días a Floración	Altura de Planta	% de Acame
Forrajero Conocoto	90x15	85.49	136	3.00	9.2
INIAP-176	90x15	81.06	155	3.20	14.7
INIAP-176	90x20	80.73	149	3.27	9.2
INIAP-176	90x25	80.07	148	3.22	10.3
Forrajero Conocoto	90x20	76.83	136	2.82	8.9
Chillos Mejorado	90x20	73.05	125	2.70	9.3
INIAP-176	90x30	70.54	151	3.12	7.5
Forrajero Conocoto	90x25	69.22	136	2.87	8.6
Amaguaña	90x15	66.89	128	2.82	10.2
Compuesto Forrajero	90x20	65.07	115	2.52	6.4
Forrajero Conocoto	90x30	64.69	135	2.70	12.4
Compuesto Forrajero	90x15	64.58	119	2.47	7.8
Chillos Mejorado	90x15	64.06	129	2.80	19.5

Altura de Planta. Dada su tendencia a correlacionarse con los rendimientos también esta variable fué analizada estadísticamente.

Dicho análisis de variancia indica diferencias altamente significativas entre variedades, moderado efecto de distancias y ausencia de interacción. La prueba de significancia pone de manifiesto que la variedad INIAP-176 es notablemente más alta que las restantes, siendo Forrajero Conocoto, Amaguaña y Chillos Mejorado medianas en altura y las variedades Compuesto Forrajero y Mexicano las más bajas.

Respecto a distancias se obtiene que las diferencias tienen tendencia lineal, pero presentando inconsistencia en su respuesta.

Porcentaje de Acame. Esta variable presenta alta significancia para variedades y distancias, no así para la interacción. La variedad Mexicano es notablemente más susceptible al acame que las restantes, siendo la variedad Compuesto Forrajero la menos afectada. Las diferencias entre distancias se deben exclusivamente a una respuesta lineal, esto es mayor acame a mayores densidades de población.

#### DISCUSION Y CONCLUSIONES

La distancia de siembra es un factor que tiene su óptimo a muy distintas poblaciones según el autor y las condiciones del medio ambiente en que se realizan sus investigaciones.

En el presente caso, la tendencia general de los resultados es en el sentido de reducirse los rendimientos mientras la densidad de población disminuye, acorde con lo reportado por (4 y 12). El coeficiente de regresión entre rendimiento y distancias ( $b = -1.93$ ) indica que por cada 5 cm. de aumento de la distancia entre plantas se produce una disminución en el rendimiento de 5.65 ton.m./ha.

La superioridad en rendimiento de la variedad INIAP-176 (72 ton.m./ha. en promedio), puede deberse a que es 40 cm. más alta y más tardía que las restantes, caracteres que tienden a estar correlacionados con el rendimiento. En efecto, los coeficientes de correlación para rendimiento y altura, y para rendimiento y días a la floración son 0.72 y 0.63 altamente significativas respectivamente. La diferencia de 5 ton.m./ha. existe entre los rendimientos de INIAP-176 y Forrajero Conocoto (67 ton.m./ha. en promedio), a pesar de no ser significativa estadísticamente, es razón suficiente para utilizar más económicamente la variedad INIAP-176. Al corresponder a la variedad Chillos Mejorado el tercer lugar con un rendimiento promedio de 59 ton.m./ha., se está confirmando en cierto modo lo aseverado por (2 y 11) en el sentido de que "en general la mejor variedad de maíz productora de grano en el área es también la mejor para producir forraje y ensilar". Cabe anotar que Chillos Mejorado es una de las variedades mejor productoras de grano en el área donde se realizó el estudio.

La variable días a la floración a pesar de presentar diferencias altamente significativas, es poco afectada por la densidad de siembra. En este aspecto es notable que las variedades más tardías, INIAP-176 y Forrajero Conocoto, son las más rendidoras; las intermedias en precocidad, Chillos Mejorado y Amaguaña, son intermedias en rendimiento; mientras que las más precoces, Compuesto Forrajero y Mexicano, son las menos rendidoras.

También la altura de planta es poco influenciada por la densidad de siembra y su respuesta varía en forma inconsistente tal como lo reportado por Pierre, Aldrich y Martín (6) y Rutger y Crowder (10).

El porcentaje de acame, de acuerdo con lo reportado por (6,7 y 8) tiene tendencia a aumentar con mayores poblaciones. En el presente ensayo el porcentaje de acame no influyó considerablemente en los rendimientos, pues sin tomar en consideración a la variedad Mexicana que es la más susceptible a este problema, los promedios de acame a las mayores densidades 74.000 y 55.555 plantas/ha. son 12.12% y 8.1% respectivamente.

En base a estos resultados, con un cultivo normal y en un año representativo puede concluirse que para el Valle de los Chillos y Zonas similares densidades de población entre 56.000 y 74.000 plantas/ha. son las más recomendables si se utilizan las variedades incluidas en el presente estudio a excepción de la variedad Mexicano. En efecto, observando la tabla No. 1 vemos que de las seis variedades estudiadas, cinco de ellas tienen rendimientos superiores a 64 ton.m./ha. de materia verde cuando se cultiva a 90 cm. entre surcos y a 15 o 20 cm. entre plantas sobre el surco.

#### RESUMEN

Un estudio sobre densidades de siembra en maíz forrajero fué conducido en la Estación Experimental "Santa Catalina", Quito.

Se encontraron correlaciones positivas entre: rendimiento y días a la floración; rendimiento y altura de planta; y altura de planta y días a la floración; y correlación negativa entre rendimiento y distancia entre plantas. También se observó regresión lineal positiva para: rendimiento, días a la floración y porcentaje de acame en relación a densidades.

La altura de planta aunque tiende a una regresión lineal no dió resultados definitivos y el efecto de la densidad de población sobre esta característica fué inconsistente.

Los mejores rendimientos, sobre 64 ton.m./ha., de forraje verde, se obtienen con cualquiera de las variedades estudiadas, a excepción de 'Mexicano', a distancias de 15 y 20 cm., lo que equivale a decir con densidades de 74.074 y 55.555 plantas/ha., concluyendo que la densidad óptima para maíz forrajero oscila entre dichas poblaciones.



BIBLIOGRAFIA

1. Bokde, S. et al. Influencia de la Distancia entre Plantas en el Surco sobre Desarrollo y Crecimiento de Diferentes Caracteres de la Planta y Rendimiento de Maíz Colorado "Flint". Turrialba. Costa Rica. II Ca. 17(1):40-45. 1967.
2. Braun, D.G., Van Horn, H.H. y Johnson, R.H. Corn Silage for Dairy Cattle. University of Kentucky. Cooperative Extension Service Agriculture and Home Economics. Misc. 376. 20p. 1969.
3. Colville, W.L. Influence of Plant Spacing and Population on Aspects of the Microclimate within Corn Ecosystems. Agronomy Journal. 60(1):65-67. 1968.
4. Giesbrecht, J. Effect of Population and Row Spacing on the Performance of Four Corn (Zea mays L.) hybrids. Agronomy Journal. 61(13):439-441.
5. Morrison, Frank. Alimentos y Alimentación del Ganado. Traducido por José Luis de la Loma. Tomo I. Fundamentos de la Nutrición Animal. Productos Alimenticios. México. Editorial UTHEA. 722 p. 1950.
6. Pierre, W.H., Aldrich, S.R. y Martín, W.P. Advances in Corn Production: Principles and Practices. The Iowa State University Press. 61-69 pp. 1967.
7. Ramírez, R. Fertilización y Nitrogenada y Densidad de Siembra del Maíz en la Serie Maracay. Agronomía Tropical. Centro de Investigaciones Agronómicas. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 14(3):155-167. 1964.
8. Reyes, P.C. y González, H.M. Producción de Forraje de Cinco Variedades de Maíz y una de Sorgo a Tres Densidades de Siembra. in XI Informe de Investigación 1967-1968. Escuela de Agricultura y Ganadería, Instituto Tecnológico de Monterrey. México. 15-17 pp.
9. Rutger, J.N. y Crowder, L.V. Effect of Population and Row Width on Corn Silage Yields. Agronomy Journal. 59(5):475-476. 1967.

10. \_\_\_\_\_ . Effect of High Plant Density on Silage and Grain Yields of Six Corn Hybrids. *Crop Science*. 7(3):182-184. 1967.
11. Thompson, W. et al. Corn Silage: Production, Harvesting, Storing, Feeding. University of Kentucky. Cooperative Extension Service. Agriculture and Home Economics. Misc. 366:1-17. 1968.
12. Timmons, D.R., Holt, R.F. y Moraghan, J.T. Effect of Corn Population on Yield, Evapotranspiration and Water Use Efficiency in the Northwest Corn Belt. *Agronomy Journal*. 58(4):429-432. 1966.