

# PRODUCCIÓN DE FORRAJE CON MAÍZ CRIOLLO Y MAÍZ HÍBRIDO<sup>1</sup>

Jorge Elizondo<sup>2</sup>, Carlos Boschini<sup>2</sup>

## RESUMEN

**Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido.** Con el fin de conocer el rendimiento productivo de forraje de dos cultivares de maíz: híbrido y criollo, evaluados a igual edad y luego en similar estado fisiológico, sembrados a diferentes distancias entre plantas, se llevó a cabo un experimento en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica, ubicada a una altitud de 1542 msnm, con una precipitación media anual de 2050 mm. Se determinó en ambos cultivares, que la producción de materia seca (kg/ha), reflejó un incremento al disminuir la distancia entre plantas. El cultivar repercutió notablemente sobre los rendimientos productivos. Los rendimientos en base seca (kg/ha) fueron 30% mayores en maíz criollo que en maíz híbrido cuando se comparan a una misma edad. Cuando se comparan ambos cultivares en igual estado fisiológico, los rendimientos en base seca (kg/ha) son 37% superiores en el cultivar criollo. La altura promedio de la planta fue 1,7 m mayor en el cultivar criollo que en el híbrido. No se encontraron diferencias significativas en cuanto a rendimientos de biomasa verde o seca, ni en cuanto al contenido de materia seca al comparar el maíz criollo por edad y por estado fisiológico.

## ABSTRACT

**Forage production with native and hybrid corn (*Zea mays*).** The experiment was conducted at the Alfredo Volio Mata Experiment Station of the University of Costa Rica, located at an altitude of 1542 masl, with an average annual rainfall of 2050 mm. The purpose was to determine total forage mass of two corn cultivars: hybrid and native, evaluated at the same age and in similar physiological stage. The study determined, in both cultivars, that dry matter yield (kg/ha) reflected an increase when the distance between plants was reduced. Cultivar rebounded notably on total forage mass production. Dry matter yield (kg/ha) was 30% higher in the native than in the hybrid when compared at the same age. Both cultivars were compared in similar physiological stage, dry matter yield (kg/ha) was 37% higher in native corn. The height average of the plants was 1,7 meters higher in native than in hybrid. No significant differences were found for dry and fresh matter on native corn at 105 and 133 days of growth.



## INTRODUCCIÓN

En condiciones tropicales los sistemas de producción tanto de leche como de carne se basan en la utilización de pasturas. Para aumentar la cantidad y calidad de biomasa comestible, se emplean otras fuentes forrajeras que pueden desarrollarse adecuadamente en ese medio, donde las condiciones ambientales favorecen el crecimiento vegetal abundante. El maíz (*Zea mays*), originario de México y Centroamérica, es una excelente opción forrajera que por sus características productivas podría ser utilizada en zonas ecológicas en donde,

ni aún las especies de pastos más adaptadas, permitirán maximizar la capacidad de carga por hectárea (Fuentes *et al.* 2000).

En cultivo, para la producción de forraje, el maíz ha mostrado excelentes características de palatabilidad y en consecuencia un alto consumo por el ganado. Es uno de los mejores cultivos para ensilar, ya que reúne muy buenas condiciones de valor nutritivo, alto contenido en azúcares y alto rendimiento por unidad de área (Peñagaricano, Arias y Llanea 1986).

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 17 de agosto del 2001. Inscrito en Vicerrectoría de Investigación No. 737-97-006.

<sup>2</sup> Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

Los rendimientos que se puedan obtener varían según la variedad, la fertilidad del suelo, la edad de corte y la densidad de siembra entre otros factores (Aldrich y Leng 1974).

Si se considera la variedad, se puede decir que cualquier tipo de maíz puede cultivarse para forraje, pero las que producen mayores rendimientos de biomasa son aquellas variedades de porte alto. Los híbridos por su parte, al ser de porte pequeño generalmente producen menos cantidad de forraje por unidad de área.

Así por ejemplo, Soto y Jahn (1983), reportan una producción con maíz híbrido de 17,7 toneladas de materia seca/ha, cosechado a los 171 días y con una densidad de siembra de 77000 plantas/ha. Mientras que Elizondo y Boschini (2001) reportan rendimientos de 10,2 toneladas de materia seca por hectárea en maíz criollo a una edad de 112 días y con una densidad de siembra de 96000 plantas/ha. Por otro lado, Amador y Boschini (2000), obtuvieron rendimientos también con maíz criollo de 15,2 toneladas de materia seca/ha a una edad de 121 días y con una densidad de siembra de 58000 plantas/ha.

Elizondo y Boschini (2001), Cuomo, Redfeam y Blouin (1998) han demostrado que para obtener mayores rendimientos de forraje por unidad de área, es necesario aumentar la densidad de siembra, sin que ello repercuta en el valor nutritivo de la hoja, el tallo o la planta entera.

Este trabajo se llevó a cabo para conocer el rendimiento productivo de forraje de dos cultivares de maíz, evaluados a igual edad y luego en similar estado fisiológico, sembrados a diferentes distancias entre plantas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el año 1999, en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica, ubicada en el Alto de Ochomogo en la Provincia de Cartago. Su altitud es de 1542 m.s.n.m, con una precipitación media anual de 2050 mm distribuida en los meses de mayo a noviembre y una humedad relativa media de 84%. La temperatura media anual es de 19,3 °C, alcanzando como máximo 23 °C y como mínimo 13 °C. El suelo se clasifica como Tipic Dystrandeps (Vásquez 1982), formados por cenizas volcánicas recientes, con una textura franco arcillo arenoso, un pH de 5,8 y un contenido de materia orgánica de 6,24%, con excelentes condiciones físicas y buenas características químicas, con vocación agrícola

la limitada por la topografía y buen drenaje. El ecosistema de la región se clasifica como bosque húmedo montano bajo (Tosi 1970, citado por Vásquez 1982).

Para las labores de cultivo, se preparó una área de 8.000 m<sup>2</sup>, para establecer maíz blanco criollo forrajero adaptado a la zona alta de Cartago y maíz híbrido 3002 W blanco. El terreno, previo a la siembra se aró, rastreó y se surcó a 70 cm. Se aplicó fertilizante 10-30-10 a razón de 200 kg/ha y se procedió a sembrar el maíz de forma manual. Dentro del área se delimitaron ocho parcelas experimentales de 1000 m<sup>2</sup> cada una. Posteriormente se estableció en cuatro de ellas maíz criollo y en las otras cuatro maíz híbrido a diferentes distancias: 50 x 70 cm con dos semillas por golpe para una densidad de 58000 plantas por hectárea; 25 x 70 cm con una semilla por golpe para una densidad también de 58000 plantas por hectárea; 16 x 70 cm con una semilla por golpe para una densidad de 90000 plantas por hectárea y finalmente 8 x 70 cm con una semilla por golpe para una densidad de 180000 plantas por hectárea. Posterior a la siembra, se aplicó un herbicida preemergente para controlar el ciclo vegetativo de las malezas. Mes y medio después de la siembra se aplicó un equivalente de 250 kg/ha de nitrógeno como nitrato de amonio.

A los 105 días de establecido el cultivo, el maíz híbrido tenía el grano en perla y se realizó el primer muestreo en ambas variedades. A los 119 días, cuando el grano del maíz híbrido estaba en estado lechoso (estado óptimo para ensilaje) se llevó a cabo un segundo muestreo, en ambas variedades. A estas edades, el maíz criollo no se encontraba en estado óptimo para ensilaje, se volvió a muestrear en dos fechas posteriores, de acuerdo al estado del grano, en la variedad criolla cuando estaba en estado de perla y cuando el grano estaba en estado lechoso, esto fue a los 133 y 147 días de edad respectivamente, pudiéndose comparar de esta manera la producción de forraje a igual edad y posteriormente en igual estado fisiológico. En todos los casos, se tomaron tres muestras seleccionadas al azar de cinco metros lineales dentro de cada parcela y se cortó el material a 10 cm sobre el nivel del suelo. Posteriormente, se pesó el material cosechado para determinar la producción de materia verde total. Luego las muestras se separaron en tallo, hojas, chilote o mazorca; se pesó cada componente y se secó a 60 °C durante 48 horas hasta alcanzar un peso constante. Finalmente las muestras se molieron a 1 mm y se determinó el contenido de materia seca en una estufa a 105 °C (AOAC, 1980).

Se empleó un diseño irrestrictamente al azar, con tratamientos en arreglo factorial 2 x 4, el primer factor dos variedades de maíz y el segundo, cuatro distancias

entre golpes de siembra (Steel y Torrie 1988). Los datos observados se analizaron con el paquete estadístico SAS (SAS, 1985). Se efectuó la separación de medias con la prueba de Duncan, en aquellas variables que resultaron significativas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Distancia y densidad de siembra

La producción de biomasa verde y seca medida en tallos, hojas, fruto y en la planta entera de maíz, se presentan en los Cuadros 1 y 2. La producción total de materia verde (kg/ha) fue superior a cortas distancias de siembra entre plantas. La producción de materia seca (kg/ha) reflejó también un incremento al disminuir la distancia entre plantas. Es importante recalcar que con la distancia más corta entre plantas se obtuvo una mayor densidad de siembra, pero esto no significó una mayor producción de biomasa por unidad de área ( $P \leq 0,05$ ).

**Cuadro 1.** Producción de materia verde de dos cultivares de maíz a diferentes distancias entre plantas. Cartago, Costa Rica, 1999.

| Cultivar         | Distancia (cm) | Producción de materia verde (kg/ha) |         |         |          | Altura (m) |
|------------------|----------------|-------------------------------------|---------|---------|----------|------------|
|                  |                | Hoja                                | Tallo   | Chilote | Entera   |            |
| C1               | 8              | 25357                               | 78239   | 903     | 104499   | 4,29       |
| C1               | 16             | 27547                               | 84440   | 2607    | 114594   | 4,59       |
| C1               | 25             | 23357                               | 71547   | 3268    | 98172    | 4,64       |
| C1               | 50             | 19642                               | 70409   | 3951    | 94002    | 4,56       |
| H                | 8              | 19404                               | 43690   | 3991    | 67085    | 2,71       |
| H                | 16             | 18785                               | 49262   | 4333    | 72380    | 2,83       |
| H                | 25             | 17214                               | 42499   | 4865    | 64578    | 2,82       |
| H                | 50             | 13928                               | 28214   | 4334    | 46476    | 2,84       |
| C2               | 8              | 23690                               | 77738   | 4039    | 105467   | 4,44       |
| C2               | 16             | 25119                               | 83690   | 3304    | 112113   | 4,53       |
| C2               | 25             | 23928                               | 82738   | 2503    | 109169   | 4,55       |
| C2               | 50             | 16547                               | 61309   | 2406    | 80262    | 4,47       |
| <b>PROMEDIOS</b> |                |                                     |         |         |          |            |
| C1               |                | 23976 a                             | 76159 a | 2682 b  | 102817 a | 4,52 a     |
| H                |                | 17333 b                             | 40916 b | 4381 a  | 62630 b  | 2,80 b     |
| C2               |                | 22321 a                             | 76369 a | 3063 b  | 101753 a | 4,50 a     |
|                  | 8              | 22817 a                             | 66556 b | 2978 b  | 92350 a  | 3,81 a     |
|                  | 16             | 23817 a                             | 72464 a | 3415 a  | 99696 a  | 3,98 a     |
|                  | 25             | 21500 a                             | 65595 b | 3545 a  | 90640 a  | 4,00 a     |
|                  | 50             | 16706 b                             | 53311 c | 3564 a  | 73580 b  | 3,96 a     |

C1 Maíz criollo con igual edad que el híbrido.

H Maíz híbrido.

C2 Maíz criollo en similar estado fisiológico que el híbrido.

a,b,c muestran diferencias significativas entre promedios con  $P \leq 0,05$ .

**Cuadro 2.** Producción de materia seca de dos cultivares de maíz a diferentes distancias entre plantas. Cartago, Costa Rica, 1999.

| Cultivar         | Distancia (cm) | Producción de materia seca (kg/ha) |        |         |         |
|------------------|----------------|------------------------------------|--------|---------|---------|
|                  |                | Hoja                               | Tallo  | Chilote | Entera  |
| C1               | 8              | 3825                               | 7604   | 77      | 11506   |
| C1               | 16             | 4095                               | 8782   | 220     | 13097   |
| C1               | 25             | 3336                               | 7656   | 278     | 11270   |
| C1               | 50             | 2872                               | 7317   | 333     | 10522   |
| H                | 8              | 2885                               | 5151   | 1238    | 9274    |
| H                | 16             | 2700                               | 5849   | 1587    | 10136   |
| H                | 25             | 2538                               | 4912   | 1747    | 9197    |
| H                | 50             | 2048                               | 3462   | 1540    | 7050    |
| C2               | 8              | 4344                               | 7074   | 1380    | 12798   |
| C2               | 16             | 4637                               | 7633   | 1166    | 13436   |
| C2               | 25             | 4526                               | 7595   | 886     | 13008   |
| C2               | 50             | 3161                               | 5654   | 859     | 9674    |
| <b>PROMEDIOS</b> |                |                                    |        |         |         |
| C1               |                | 3532 a                             | 7840 a | 227 b   | 11599 a |
| H                |                | 2543 b                             | 4844 b | 1528 a  | 8914 b  |
| C2               |                | 4167 a                             | 6989 a | 1073 b  | 12229 a |
|                  | 8              | 3685 a                             | 6610 b | 898 b   | 11193 a |
|                  | 16             | 3811 a                             | 7421 a | 991 a   | 12223 a |
|                  | 25             | 3467 a                             | 6721 b | 970 a   | 11158 a |
|                  | 50             | 2694 b                             | 5478 c | 911 a   | 9082 b  |

C1 Maíz criollo con igual edad que el híbrido.

H Maíz híbrido.

C2 Maíz criollo en similar estado fisiológico que el híbrido.

a,b,c muestran diferencias significativas entre promedios con  $P \leq 0,05$ .

En el Cuadro 3 se presentan los contenidos de materia seca para los diferentes componentes de la planta. Se nota que la concentración de materia seca en la hoja y en el chilote es mayor que la observada en el tallo, en cualquiera de las cuatro distancias de siembra entre plantas estudiadas, tanto con el maíz híbrido como con el criollo en similar estado fisiológico. Sin embargo, al comparar de forma general el contenido de materia seca en cada componente de la planta, se observa que no hubo diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) al variar la distancia entre plantas.

La relación hoja:tallo en base verde y seca fue siempre inferior a una para todas las densidades de siembra. Esto es de esperarse pues hay que considerar que la planta de maíz se cosechó a una edad superior a los 100 días. Elizondo y Boschini (2001) reportan una relación hoja: tallo superior a uno cuando la planta de maíz se cosechó antes de los 70 días.

Puede notarse que, tanto en el cultivar criollo como en el híbrido en cualquiera de las cuatro distancias de

**Cuadro 3.** Contenido de materia seca en los diferentes componentes de la planta, en dos cultivares de maíz. Cartago, Costa Rica, 1999.

| Cultivar         | Distancia<br>(cm) | Contenido de materia seca (%) |         |         |          |
|------------------|-------------------|-------------------------------|---------|---------|----------|
|                  |                   | Hoja                          | Tallo   | Chilote | Entera   |
| C1               | 8                 | 15,08                         | 9,72    | 8,53    | 11,01    |
| C1               | 16                | 14,87                         | 10,40   | 8,44    | 11,43    |
| C1               | 25                | 14,28                         | 10,70   | 8,51    | 11,48    |
| C1               | 50                | 14,62                         | 10,39   | 8,43    | 11,19    |
| H                | 8                 | 14,87                         | 11,79   | 31,02   | 13,82    |
| H                | 16                | 14,37                         | 11,87   | 36,63   | 14,00    |
| H                | 25                | 14,74                         | 11,56   | 35,91   | 14,24    |
| H                | 50                | 14,70                         | 12,27   | 35,53   | 15,17    |
| C2               | 8                 | 16,60                         | 10,44   | 32,59   | 12,98    |
| C2               | 16                | 16,42                         | 10,50   | 35,96   | 12,99    |
| C2               | 25                | 16,83                         | 10,37   | 35,66   | 13,08    |
| C2               | 50                | 16,90                         | 10,75   | 35,61   | 13,61    |
| <b>PROMEDIOS</b> |                   |                               |         |         |          |
| C1               |                   | 14,71 b                       | 10,30 a | 8,48 b  | 11,28 b  |
| H                |                   | 14,67 b                       | 11,87 a | 34,77 a | 14,31 a  |
| C2               |                   | 16,70 a                       | 10,52 a | 35,14 a | 12,02 ab |
|                  | 8                 | 15,52 a                       | 10,65 a | 24,05 b | 12,60 b  |
|                  | 16                | 15,22 a                       | 10,92 a | 27,01 a | 12,81 ab |
|                  | 25                | 15,29 a                       | 10,88 a | 26,69 a | 12,93 b  |
|                  | 50                | 15,41 a                       | 11,14 a | 26,52 a | 13,32 a  |

C1 Maíz criollo con igual edad que el híbrido.

H Maíz híbrido.

C2 Maíz criollo en similar estado fisiológico que el híbrido.

a,b,c muestran diferencias significativas entre promedios con  $P \leq 0,05$ .

siembra utilizadas, se obtuvo un rendimiento superior al informado por Aldrich y Leng (1974) de 40-45 t de materia verde por hectárea a los 120 días.

### Cultivar de maíz

En los Cuadro 1 y 2 se resumen los datos de producción tanto de biomasa verde como seca por hectárea. En el Cuadro 3 se presenta el contenido de materia seca de las hojas, tallo, fruto y de la planta entera de maíz considerando los cultivares estudiados. Se observó que el cultivar repercute notablemente sobre los rendimientos productivos ( $P \leq 0,01$ ).

Es importante considerar la altura de las plantas en los dos cultivares, ya que entre el cultivar híbrido y el criollo se encuentra una diferencia promedio de 1,70 m a favor del criollo, lo que repercute notablemente en los rendimientos de biomasa verde y seca por unidad de área.

### Maíz híbrido versus maíz criollo con igual edad

En el Cuadro 1 se compara la producción de materia verde (kg/ha) total de la planta del maíz híbrido y del maíz criollo con igual edad. Puede notarse que, pese a que el maíz criollo no está en el estado óptimo para ser cosechado y ensilado, los rendimientos son mayores a los obtenidos con el maíz híbrido, superándolo en un 64% en base verde y en un 30% en base seca. Sin embargo, cuando se compara el contenido de materia seca (Cuadro 3), se encuentran diferencias significativas ( $P \leq 0,01$ ) en el chilote y en la planta entera superiores en el maíz híbrido en un 400% y en un 26%, respectivamente con respecto al maíz criollo.

Es importante recalcar que tanto en el cultivar criollo como en el híbrido, la producción de materia seca (kg/ha) en tallo superó en más de un 45% la producida en hoja, situación similar a la encontrada por Amador y Boschini (2000). Además, la relación hoja:tallo en base verde para el maíz híbrido fue 0,42 y 0,32 para el maíz criollo.

### Maíz híbrido versus maíz criollo en similar estado fisiológico

En el Cuadro 1 se compara la producción de materia verde (kg/ha) del maíz híbrido y del maíz criollo en similar estado fisiológico. Se observa como los rendimientos de materia verde obtenidos con el maíz criollo son superiores a los obtenidos con el maíz híbrido en un 62%. Al tomar en cuenta los rendimientos en base seca (Cuadro 2), se nota claramente que también son superiores en un 37%.

En el Cuadro 3 se presenta el contenido de materia seca en las plantas de maíz de ambos cultivares. Puede observarse que no hubo diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ).

La relación hoja:tallo en base verde fue de 0,42 y 0,29 para el maíz híbrido y para el maíz criollo, respectivamente.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados se ha podido determinar los rendimientos que se obtienen al utilizar maíz híbrido y maíz criollo. Con estos aportes, evidentemente se puede predecir que el cultivar criollo sembrado a distancias entre plantas inferiores a los 25 cm, permitirá obtener una mayor producción de forraje verde y seco

(>30%) por hectárea y en términos relativos similar aumento de la producción se observará en el cultivar híbrido. Sin embargo, cuando se compara el rendimiento por planta, los resultados varían y se observa que a menores densidades de siembra la producción por planta es mayor, lo cual coincide con Elizondo y Boschini (2001). Así por ejemplo, cuando se utilizó una distancia entre plantas de 25 cm, el rendimiento en base verde por planta fue de 1,5 kg, mientras que cuando la distancia entre plantas fue de ocho cm, el rendimiento fue de 0,5 kg por planta.

La altura promedio de la planta del maíz criollo supera a la del híbrido en 1,7 metros.

La producción tanto en biomasa verde como seca obtenida con el maíz criollo es superior a la del maíz híbrido en un 64% y 30%, respectivamente.

El rango de variación con respecto al contenido de materia seca fue muy pequeño al variar la distancia entre plantas, pudiéndose notar que el porcentaje de materia seca en la planta entera osciló entre 12,60% y 13,32% al pasar de ocho a 50 cm entre planta.

No se encontraron diferencias significativas en cuanto a rendimientos de biomasa verde o seca, ni en cuanto al contenido de materia seca al comparar el maíz criollo por edad y por estado fisiológico. Sin embargo, hay que considerar que a los 105 y 119 días de crecimiento, el maíz criollo no estaba en estado óptimo para ensilaje, pues no presentaba grano en estado de perla ni en estado lechoso.

## LITERATURA CITADA

- ALDRICH, S.; LENG, E. 1974. Producción moderna de maíz. Editorial Hemisferio Sur. Argentina. 308 pp.
- AMADOR, A.; BOSCHINI, C. 2000. Fenología productiva y nutricional del maíz para la producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana* 11(1):171-177.
- A.O.A.C. 1980. *Methods of analysis*. Ed. 13. Washington D.C. EUA. Association of official analysis chemistry.
- CUOMO, G.; REDFEARN, D.; BLOUIN, D. 1998. Plant density effects on tropical corn forage mass, morphology, and nutritive value. *Agronomy Journal* 90:93-96.
- ELIZONDO, J.; BOSCHINI, C. 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y la calidad del forraje de maíz. En prensa en *Agronomía Mesoamericana*.
- FUENTES, J.; CRUZ, A.; CASTRO, L.; GLORIA, G.; RODRIGUEZ, S.; ORTIZ, B. 2000. Evaluación de variedades e híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para ensilado. En prensa en *Agronomía Mesoamericana*.
- PEÑAGARICANO, J.; ARIAS, W.; LLANEZA, N. 1986. *Ensilaje: manejo y utilización de las reservas forrajeras*. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 345 p.
- SAS. 1985. *Statistical analysis system. SAS User's Guide: Statistics (Version 5 Ed.)* SAS Institute Inc. Cary, NC. 373 p.
- SOTO, P.; JAHN, E. 1983. Época de cosecha y acumulación de materia seca en maíz para ensilaje. *Agricultura Técnica*. 43(2):133-138.
- STEEL, R.; TORRIE, J. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. McGraw Hill. México, D.F. 633 p.
- VÁSQUEZ, A. 1982. Estudio detallado de los suelos de la Estación Experimental de Ganado Lechero El Alto de Ochomogo. Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 36 p.