

COMPORTAMIENTO DEL CRECIMIENTO DEL MAIZ (*Zea mays L.*) CULTIVADO A DIFERENTES DISTANCIAS DE SIEMBRA

Hernando Criollo E.*

Tulio César Lagos B.**

RESUMEN

Con el objeto de evaluar el comportamiento inicial del crecimiento de maíz ICA-507 bajo dos densidades poblacionales (20.000 plantas/ha y 33.333 plantas/ha), se estableció el presente trabajo en el altiplano de Pasto, situado a 2560 msnm. Las evaluaciones realizadas en periodos semanales durante seis semanas permitieron determinar el comportamiento del Area Foliar (AF), Indice de Area Foliar (IAF), Tasa de Asimilación Neta (TAN), Aumento de Peso Seco (APS), Indice de Crecimiento del Cultivo (ICC) e Indice de Crecimiento Relativo (ICR).

El AF por planta fue favorecida por la densidad baja, mientras que el IAF y el ICC tuvieron mayores valores con la densidad alta. La densidad poblacional del maíz no afectó durante las primeras semanas de crecimiento del maíz a las variables TAN, APS e ICR.

INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo de gran importancia en la zona fría de Nariño, por cuanto forma parte esencial de la dieta alimenticia de los mismos agricultores y es un alimento básico para sus animales. Sin embargo, los rendimientos son bajos debidos a la escasa tecnología del cultivo en la región, representada por el uso de variedades poco productivas, escasa fertilización, dependencia de las lluvias, distancias de siembra inadecuadas y deficiente manejo de plagas, enfermedades y malezas.

* Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
E- mail: hcriollo@hotmail.com

** Profesor Asistente. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

65-7

El conocimiento aproximado de los factores que determinan el crecimiento de una planta puede facilitar la adecuada formulación de técnicas tendientes a incrementar o manejar los aspectos de crecimiento relacionados más estrechamente con la productividad.

Una de las prácticas más cuestionadas en el cultivo de maíz en Nariño, es la distancia de siembra, equivalente a distanciamientos de 0.80-1.0 m entre surcos y de 2.0 a 3.0 m entre plantas, tres plantas/sitio, utilizada así para facilitar el laboreo del suelo con aperos de tracción animal y generando una densidad entre 10.000 y 18.750 plantas/ha. Es de esperar que estas densidades influyan significativamente en el crecimiento y desarrollo del maíz, afectando al final la productividad del cultivo.

El crecimiento vegetal es un acontecimiento cuantitativo de la planta que está determinado por diferentes variables, tanto genéticas como ambientales; el crecimiento evaluado con criterios de peso y área foliar, permite establecer por lo menos a grosso modo, aquellos factores que pueden ser útiles para alcanzar unos mejores niveles de fotosíntesis mediante manejo de variedades o de técnicas agronómicas evaluadas fisiológicamente.

El crecimiento y desarrollo de las plantas conforman una combinación de diversos eventos en diferentes niveles que dan como resultado la producción integral en un organismo. Con frecuencia, en muchas plantas agrícolas pueden modificarse estos procesos en beneficio del hombre mediante la aplicación de productos hormonales o mediante la implementación de técnicas agronómicas adecuadas (Lira, 1994).

Durante mucho tiempo se ha considerado que si se pudiera describir el crecimiento de un organismo por medio de un modelo matemático completo, éste se podría usar para comprobar hipótesis sobre factores desconocidos determinando su validez en forma experimental (Lira, 1994). Sin embargo, la complejidad de estas relaciones hace demasiado difícil la formulación de modelos completos y en la actualidad solamente se conocen modelos parciales que tratan de explicar el comportamiento de funciones vegetales como la fotosíntesis, la respiración y el transporte.

Uno de los aspectos más importantes desde el punto de vista de la productividad de una planta lo constituyen sus hojas y por ende los factores que determinan su crecimiento y eficiencia fotosintética. Según Duncan (1975) la eficiencia en la intercepción foliar de la luz depende del área foliar (AF), de la posición de las hojas con respecto al sol y de su distribución espacial. La eficiencia en la intercepción de la luz incidente combinada con la eficiencia en las reacciones fotoquímicas de las hojas, determinan la capacidad en la utilización de la energía radiante por unidad de área.

Varias características del maíz contribuyen a eficientizar la utilización de la luz. El AF no decrece con el incremento de la densidad de siembra como ocurre en otros cultivos; Loomis *et al* (1968) obtuvieron Índices de AF (IAF) de 3.5 y 8.5 con poblaciones de 17500 a 125.000 plantas/ha. El maíz es típicamente una planta con sistema fotosintético tipo C-4, lo cual la hace fotosintéticamente más eficiente bajo condiciones de alta intensidad de luz.

Sin embargo, hay dos características que afectan negativamente la eficiencia de la cobertura foliar del maíz: la tendencia en el crecimiento horizontal de las hojas de algunos cultivares, ya que la máxima eficiencia requiere de hojas verticales y la presencia de inflorescencias en el ápice de los tallos, que después de la antesis mueren y causan sombreado de las hojas inferiores; este efecto fue calculado por Duncan *et al* (1967) en un 19% con una densidad poblacional de 100.000 plantas/ha. Los efectos causados por el sombreado de la inflorescencia se traducen en una significativa reducción de la producción de grano/planta (Hunter *et al*, 1969).

El establecimiento de una cobertura eficiente de maíz requiere especial atención tanto en la densidad de siembra como en su distribución espacial, variables que a su vez son afectadas por el genotipo; los genotipos con menor área foliar requieren mayores densidades de siembra y plantas de porte pequeño menores distancias entre surcos. Además, la eficiencia de la distribución del cultivo de maíz debe considerar aspectos como la intensidad de radiación, la altitud y la fecha de siembra (Duncan, 1975).

Un aspecto importante es el establecimiento de las densidades de población óptimas para lograr un máximo rendimiento; esta determinación varía con el genotipo, las condiciones ambientales, fertilidad del suelo y sistema de siembra.

Yoshida (1972) y Duncan (1973) afirman que el decrecimiento en la productividad después de alcanzado el máximo es debido principalmente a la presencia de plantas estériles; sin embargo, Duncan (1975) explica el descenso en el autosombreamiento exagerado que se puede presentar cuando la población supera las densidades óptimas. En efecto, trabajos llevados a cabo por este último autor, demostraron que bajo condiciones favorables de temperatura, humedad y fertilidad de suelo, los mayores rendimientos de maíz se alcanzaron con un IAF que osciló entre 4.7 y 8, con una población entre 60.000 y 120.000 plantas/ha.

El potencial productivo de un cultivar se define como la producción del cultivo cuando las condiciones ambientales son adecuadas, sin limitaciones de agua y nutrientes, con plagas, enfermedades, malezas u otros problemas debidamente controlados. Con estos criterios el potencial productivo se define como la máxima producción que puede alcanzar un cultivo bajo condiciones óptimas. Esta productividad puede establecerse mediante modelos de simulación que asumen determinadas condiciones fisiológicas y agronómicas (Evans y Fischer, 1999).

Entre los cereales, los mayores progresos en el potencial productivo del arroz se derivan principalmente en el índice de cosecha asociado con menor tamaño de plantas; sin embargo, en el maíz, el incremento se ha logrado mediante una mayor tolerancia a mayores densidades de siembra (Evans y Fischer, 1999).

En Colombia, Torregroza *et. al.* (1991), demostraron que cuando se incrementó la población de maíz en una asociación con frijol, se aumentó su rendimiento pero se retardó la floración y se redujo la prolificidad; además se redujo el rendimiento del frijol. Los mejores resultados para el asocio maíz-frijol se alcanzaron con una población de maíz entre 49.000 y 61.000 plantas de maíz/ha.

Martínez *et. al.* (1993), trabajaron el asocio maíz-frijol manteniendo una población de maíz cv. Sogamoso de 49.000 plantas/ha y una población de frijol cv. Bola roja entre 12.345 y 49.382 plantas/ha, con diferente colocación de la planta, en el mismo sitio del maíz y en medio de dos plantas. En cuanto al maíz se refiere, estos autores demostraron la competitividad del maíz ya que ni la ubicación del frijol ni la población afectaron ninguna de las variables analizadas.

Verissimo (1994) recomienda densidades de siembra de maíz en monocultivo entre 35.000 y 125.000 plantas, dependiendo de las condiciones de clima y suelo, técnicas de cultivo, variedades y fecha de siembra y de su interacción.

Con estas consideraciones, el presente trabajo se realizó con el objeto de evaluar la incidencia de la densidad de siembra sobre aspectos fisiológicos del crecimiento, relacionados con la productividad.

METODOLOGIA

El presente trabajo se realizó en el altiplano de Pasto, ubicado a 2560 msnm, una temperatura promedio de 14°C y una precipitación anual de 900 mm.

La evaluación del crecimiento del maíz se realizó utilizando la variedad mejorada para clima frío ICA-507, bajo condiciones de preparación de suelo utilizadas por los agricultores. Los tratamientos correspondieron a distancias entre plantas de 0.30 m y de 0.50 m.; la separación entre surcos fue de 1.0 m para una población de 33.333 y 20.000 plantas/ha. En cada sitio se depositaron 3 semillas para dejar posteriormente una planta/sitio mediante un raleo realizado ocho días después de la emergencia.

En el momento de la siembra y en el fondo del surco se depositó una cantidad equivalente a 200 Kg/ha de fertilizante de grado 13-26-6.

Durante un periodo de seis semanas contadas a partir de la emergencia y con base en un muestreo semanal de 2 plantas/evaluación, se realizaron las siguientes observaciones:

Área foliar: en la hoja intermedia se determinó el ancho medio (a) y la longitud (l) para calcular el área foliar (AF) y multiplicarlo por el número de hojas; el área foliar se calculó mediante la fórmula propuesta por Muñoz, Giraldo y Fernández de Soto (1993):

$$AF = \frac{(a.l).(75)}{100}$$

Índice de área foliar (IAF): se estableció con base en el área foliar/planta (AF) y el área ocupada en el terreno según los tratamientos planteados.

Tasa de Asimilación Neta (TAN): indica la intensidad fotosintética de las plantas durante cada periodo experimental; se determinó mediante la fórmula:

$$TAN(g/dm^2 - semana) = \frac{(P2 - P1)(\ln A2 - \ln A1)}{(T2 - T1)(A2 - A1)}$$

donde: P2-P1 = diferencia de peso en el periodo muestral (1 semana)

T2-T1 = Intervalo de tiempo de cada evaluación (7 días)

A2 = Área foliar al final de cada intervalo

A1 = Área foliar en el inicio de cada intervalo.

Aumento de peso seco (APS): el APS alcanzado en cada semana se calculó mediante la fórmula $APS (g/dm^2) = IAN \times AF$

Intensidad de crecimiento del cultivo (ICC): expresa la ganancia semanal de peso del cultivo por unidad de área.

$$ICC (g/dm^2-semana) = IAN \times IAF$$

Intensidad de Crecimiento relativo (ICR): expresa la ganancia en gramos por gramo de materia seca.

$$ICR = \frac{\ln P2 - \ln P1}{T2 - T1}$$

Las fórmulas de crecimiento empleadas en este trabajo fueron utilizadas por Ascencio (1972) para evaluar el crecimiento y eficiencia fotosintética del frijol.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados correspondientes a las variables AF, IAF y TAN evaluadas durante 6 semanas, se observan en la Tabla 1. El AF aumentó progresivamente con el tiempo, observándose un mayor incremento en aquellas plantas sembradas con una densidad de 20.000 plantas/ha. Al final de las observaciones las bajas densidades presentaron

un valor final de AF de 36.38 dm²/planta, mientras que las plantas de densidades altas (33.333 plantas/ha) alcanzaron un AF de 28.92 dm².

Tabla 1. Comportamiento de las variables AF, IAF y TAN en un cultivo de maíz con diferentes densidades de siembra.

SEMANA	20.000 plantas/ha			33.333 plantas/ha		
	AF(dm ²)	IAF	TAN	AF	IAF	TAN
1	0.80	0.016	3.045	0.80	0.026	2.01
2	4.17	0.083	2.967	7.12	0.237	2.24
3	10.35	0.207	1.687	10.83	0.361	1.52
4	20.48	0.409	0.217	18.60	0.620	0.60
5	30.68	0.613	1.682	22.80	0.760	1.62
6	36.38	0.727	1.650	28.92	0.964	1.60

La Figura 1 muestra el comportamiento del AF observado con las diferentes densidades de siembra; debido a que solamente se evaluaron las primeras fases del crecimiento del maíz, los efectos de las densidades altas no son marcados, ya que la interferencia en cuanto a los diferentes factores que intervienen en el crecimiento es baja comparada con la que se puede presentar en periodos posteriores. Además, esta característica está más determinada por factores genéticos.

La distancia de siembra utilizada afectó sensiblemente la IAF, el cual fue de 0.727 con densidades de 20.000 plantas/ha y de 0.964 con 33.333 plantas/ha, al cabo de las seis semanas de evaluación. La Figura 2 muestra el desarrollo del IAF durante la evaluación y la ventaja de utilizar densidades altas para lograr un rápido cubrimiento del terreno, ya que según Alvarado (1978) las velocidades de asimilación neta se optimizan cuando el 100% del terreno está cubierto por hojas. Los valores alcanzados pueden considerarse normales, teniendo en cuenta que con estas mismas poblaciones, Duncan (1975) encontró IAF cercanos a 2 para 20.000 plantas/ha y a 3.5 para densidades de 33.333 plantas/ha, en maíces adultos.

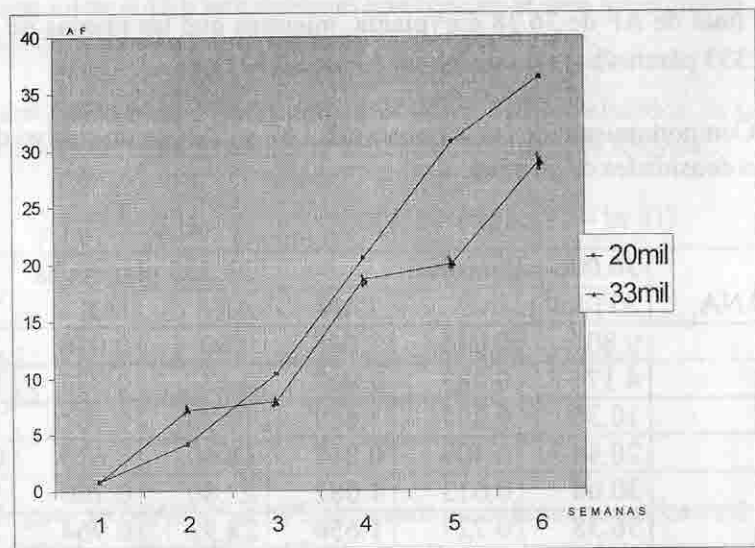


Figura 1. Comportamiento del AF del maíz ICA-507, bajo diferentes densidades de siembra.

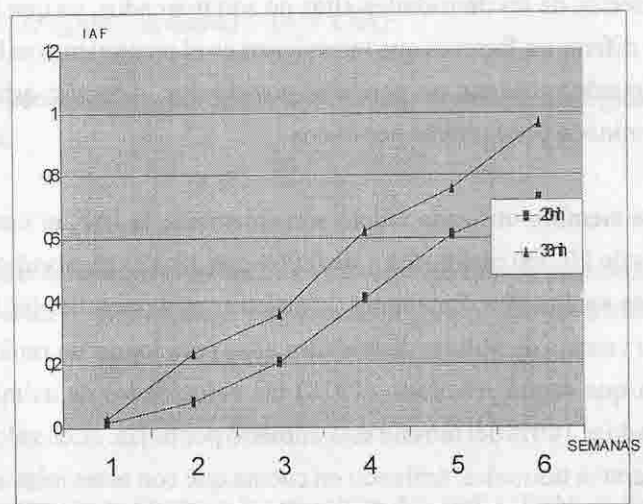


Figura 2. Comportamiento del IAF del maíz ICA-507, bajo diferentes poblaciones.

Dentro de las actividades vitales de la planta relacionadas con la producción se destacan dos procesos: asimilación o fotosíntesis y respiración; en la asimilación se producen los carbohidratos, que a su vez son consumidos en parte durante la respiración. Al restar los carbohidratos consumidos de la producción total, se obtiene la asimilación neta que la planta utiliza para formar su estructura o que transporta a diferentes sitios para su almacenamiento, todo lo cual se traduce en incremento de peso seco.

La TAN o incremento semanal de peso por cada dm^2 de hoja mostró una alta actividad fotosintética de las plantas durante la primera y segunda semanas después de la emergencia; la TAN se redujo al mínimo en la semana cuatro y mejoró en las semanas cinco y seis (Figura 3). Estos cambios en la actividad fotosintética están explicados en cambios ambientales incidentes sobre el proceso, como son la temperatura, luminosidad, humedad del suelo y disponibilidad de nutrientes.

No debe destacarse que hasta la sexta semana, el efecto del posible autosombreamiento causado por la alta densidad de siembra, no es significativo y se puede establecer que para las dos densidades evaluadas, la TAN tuvo un comportamiento semejante.

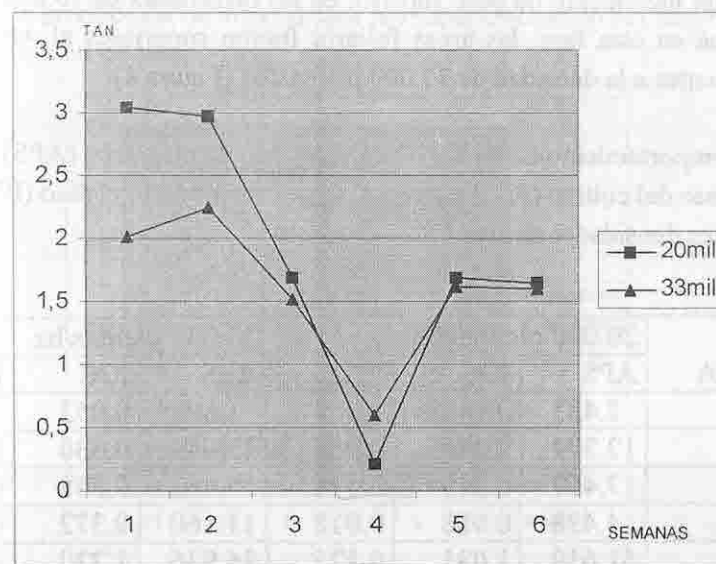


Figura 3. Comportamiento de la TAN del maíz sembrado a diferentes densidades

Tanto el AF, como el IAF y la TAN deben traducirse en mediciones relacionadas con el incremento de peso a nivel de planta y de cultivo. Estas mediciones correspondientes al aumento de peso seco alcanzado por una planta en el lapso de una semana (APS), intensidad de crecimiento del cultivo o ganancia en peso/dm² (ICC) y ganancia por gramos de materia seca o intensidad de crecimiento relativo (ICR) se relacionan en la Tabla 2.

Tal como se aprecia en la Figura 4, los incrementos en el peso de las plantas de maíz fueron constantes, a excepción de la semana cuatro, en que se observó una disminución apreciable del aumento semanal de peso seco por planta; este descenso estuvo determinado posiblemente por la caída en la eficiencia fotosintética durante este periodo debido posiblemente a cambios de tipo ambiental ya que como lo afirma Alvarado (1978) la producción de materia seca de un cultivo depende de la TAN y del tiempo.

Al comparar las dos densidades poblacionales, el incremento de peso por planta fue muy similar durante las primeras semanas; sin embargo en las dos últimas semanas se observó un incremento de peso superior en las densidades de 20.000 plantas/ha, debido a que en esta fase, las áreas foliares fueron superiores al AF de plantas correspondientes a la densidad de 33.000 plantas/ha (Figura 4).

Tabla 2. Comportamiento de las variables Aumento de peso seco (APS), Intensidad de crecimiento del cultivo (ICC) e Intensidad de crecimiento relativo (ICR) en maíz con diferentes densidades de siembra.

SEMANA	20.000 plantas/ha			33.333 plantas/ha		
	APS	ICC	ICR	APS	ICC	ICR
1	2.435	0.048		1.608	0.052	
2	12.374	0.246	0.257	15.949	0.530	0.341
3	17.457	0.349	0.111	16.462	0.548	0.094
4	4.438	0.088	0.018	11.160	0.372	0.040
5	51.619	1.031	0.125	36.936	1.230	0.085
6	60.027	1.199	0.074	46.272	1.542	0.063

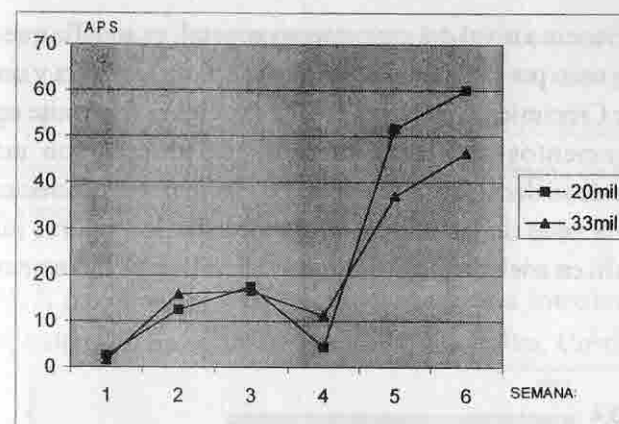


Figura 4. Comportamiento de los incrementos de peso seco/planta de maíz con diferentes densidades poblacionales.

La ICC que expresa el incremento de peso seco por unidad de área de terreno en un tiempo dado (una semana), demuestra una mayor ganancia del cultivo con densidades altas (33.333 plantas/ha), durante todo el periodo experimental; como la TAN fue semejante con ambas densidades y las diferencias en AF no fueron grandes, es de esperar que la producción de materia seca sea superior cuando hay mayor número de plantas por unidad de área.

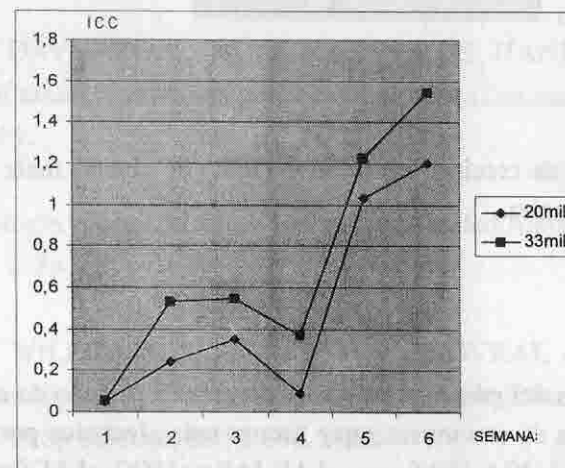


Figura 5. Intensidad de crecimiento del cultivo (ICC) de maíz, con diferentes densidades poblacionales

Otra medida de eficiencia a nivel del crecimiento vegetal, es aquella que determina el incremento de peso seco por cada unidad de peso seco de la planta y que se expresa como Intensidad de Crecimiento Relativo (ICR). La Figura 6 permite establecer que los mayores incrementos se dieron cuando las plantas son más jóvenes, independientemente de su densidad de siembra. Los incrementos decrecieron a medida que se incrementó la edad de las plantas hasta alcanzar los valores mínimos en la semana cuatro; de allí en adelante, los valores tuvieron ligeros incrementos en ambos tratamientos.

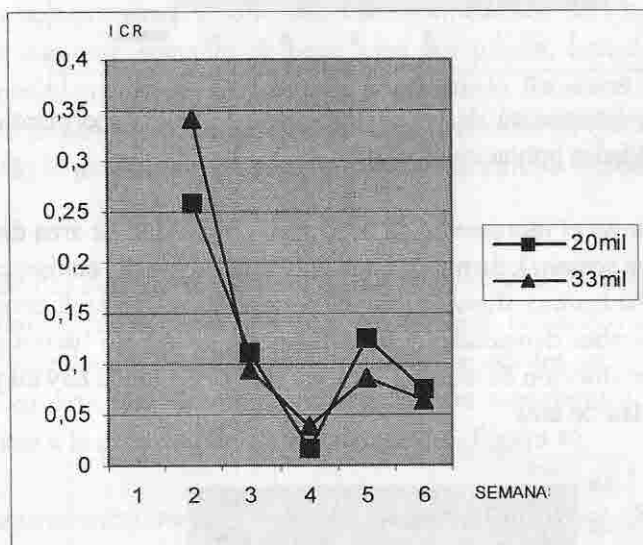


Figura 6. Intensidad de crecimiento relativo (ICR) de plantas maíz bajo diferentes densidades poblacionales.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente estudio y durante el periodo de evaluación (seis semanas) los índices de crecimiento que fueron más afectados por las densidades poblacionales del maíz ICA-507 fueron el AF, IAF y el ICC; el AF fue favorecida por la densidad baja (20.000 plantas/ha) mientras que el IAF y el ICC lo fueron por la densidad alta (33.000 plantas/ha).

BIBLIOGRAFÍA

- ALVARADO, L. Algunos aspectos fisiológicos sobre el crecimiento y desarrollo de la planta. In: Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de tuberosas. El cultivo de la papa. Compendio No. 24. 1978. pp:16-22.
- ASCENCIO, J. Análisis del crecimiento y eficiencia fotosintética del frijol var. Turrialba-4, cultivado en solución nutritiva. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 98 p.
- DUNCAN, W. Maize. In: Crop physiology. Some case histories. Cambridge, Cambridge University Press. 1975. pp: 23-51.
- DUNCAN, W. Insolation and temperature effects on maize growth and yields. *Crop Science*, 13:187-190. 1973.
- EVANS, L. Y FISCHER, R. Yield potential: its definition, measurement and significance. *Crop Science* 39:1544-1551. 1999.
- HUNTER, R., DAYNARD, T., TANNER, J., CURTIS, J. AND KANNENBERG, L. The effect of tassel removal on grain yield of corn (*Zea mays* L.). *Crop Science*, 9:405-406. 1969.
- LIRA, R. Fisiología vegetal. México, Trillas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 1994. 273p.
- LOOMIS, R., WILLIAMS, W., DUNCAN, W., DOVRAT, A. AND NUNEZ, A. Quantitative descriptions of foliage display and light absorption in field communities of corn plants. *Crop Science*, 8:352-356. 1968.