

## DENSIDAD POBLACIONAL Y PLASTICIDAD FENOTÍPICA DEL AJÍ PICANTE (*Capsicum annuum* L.) C.V. CAYENE LONG SLIM

### POPULATION DENSITY AND PHENOTYPE PLASTICITY OF CHILLI PEPPER (*Capsicum annuum* L.) C.V. CAYENE LONG SLIM

Irma Quintero y Fernando Barraza

#### RESUMEN

El objetivo de la presente investigación consistió en evaluar el efecto de la densidad poblacional sobre la plasticidad fenotípica del Ají picante (*Capsicum annuum* L.) cultivar Cayenne, bajo las condiciones agroecológicas del Valle medio del río Sinú (Córdoba, Colombia); para lo cual se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Mediante técnicas de análisis de varianza y pruebas de comparación de medias se caracterizó la respuesta de las variables: altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), número de hojas (NDH), área foliar (AF), masa seca de tallo (MST), hojas (MSH) y frutos (MSF) y masa seca total (MSTt) por planta. Se evidenció el efecto de la densidad poblacional sobre la plasticidad fenotípica de las plantas de Ají, al encontrarse variación significativa en el DT, AF y NDH por planta, los cuales fueron los caracteres más plásticos. Contrariamente, la AP fue menos plástica. La MST, MSH, MSF y MSTt por planta, resultaron menores al incrementar la densidad poblacional.

**PALABRAS CLAVE:** Ají, *Capsicum*, fenología, patrón de crecimiento, Valle del río Sinú.

#### ABSTRACT

The objective in the present research was to evaluate the effect of the population density on phenotype plasticity of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivar Cayenne, in the Mid Sinu River Valley (Cordoba, Colombia). A complete-randomized-block design was used with three replicates per treatment. Data on plant height (PH), stem diameter (SD), leaf number (LN), leaf area (LA), stem dry mass (SDM), leaves dry mass (LDM), fruit dry mass (FDM) and total dry mass (TDM) per plant were collected and analyzed. Phenotypic plasticity was affected by treatments, since significant effect of plant population was detected on SD, LA and LN, PH was less plastic. SDM, LDM, FDM and MTD per plant decreased as plant population was increased.

**KEY WORDS:** Chilli, *Capsicum*, phenology, growth pattern, Mid Sinu River Valley.

#### INTRODUCCIÓN

La plasticidad fenotípica se define como la capacidad de un genotipo para variar características de sus estructuras vegetativas y reproductivas cuando se encuentra expuesto a diferentes condiciones medioambientales (Kohashi, 1990). Bradshaw (1965), definió la plasticidad como una medida de la cantidad o proporción en que la expresión de las características que la forman cambian por efecto de la variación ambiental. Así mismo,

González et al., (2001), resumen este concepto como un mecanismo mediante el cual los individuos se adaptan a la heterogeneidad del ambiente.

Un ejemplo de ello es el mencionado por Schmid (1992 en: Reyes y Martínez 2001), quien afirma que las plantas de las zonas áridas y semiáridas pueden cambiar su ruta metabólica de los ácidos tricarbóxicos (plantas MAC) a la ruta metabólica C3, cuando las condiciones ambientales se tornan lo suficientemente

#### Dirección de los autores:

Universidad del Magdalena, Programa de Ingeniería Agronómica - Carrera 32 No 22 - 08 - Santa Marta D.T.C.H. Colombia. Email: irquipe@gmail.com (I.Q). Universidad de Córdoba, Programa de Ingeniería Agronómica - Ciudad Universitaria Carrera 6 No. 76-103 - Montería. Córdoba. Colombia. (F.B)

húmedas, lo cual demuestra que estas plantas pueden, en determinado momento, invadir nuevos hábitats, dándoles ventajas ecológicas, creando con ello la posibilidad de que algunos individuos evolucionen con caracteres diferentes a los de los padres. Esto evidencia la capacidad que poseen las plantas de adaptarse a diferentes condiciones ambientales, ajustando su morfología y fisiología a través de la variación genética y la plasticidad en su forma.

Los cambios en caracteres morfológicos, fisiológicos y reproductivos han sido reportados para muchas especies de plantas. Algunos estudios han comparado la plasticidad de la forma entre poblaciones silvestres de una sola especie, llegando a la conclusión de que la respuesta plástica en las especies es debida al efecto que el ambiente causa en los organismos (Reyes y Martínez, 2001)

La densidad poblacional es un factor que influye sobre algunas características fenotípicas reguladas por el suministro de agua y nutrientes e intercepción de la radiación solar. En la planta, la densidad de población determina la utilización y distribución de recursos en raíces y follaje de plantas vecinas. La relación entre la producción de materia seca y el número de plantas por unidad de superficie es una curva asintótica; en la que al incrementar la densidad poblacional, se incrementa la competencia por recursos utilizables, hasta que se alcanza una densidad en la cual la acumulación de materia seca se estabiliza, debido a la baja disponibilidad de recursos. De manera semejante el área foliar y el peso seco específico foliar son atributos de la planta afectados por la densidad poblacional (Rodríguez, 2000).

González et al., (2001), detectaron la existencia de plasticidad fenotípica en poblaciones de Chile silvestre (*Capsicum annuum* L.), encontrando una variación significativa entre poblaciones en altura de planta, diámetro de tallo y número de botones florales. Los caracteres número de botones florales y número de ramas fueron los más plásticos. Contrariamente, el ancho de hoja y diámetro de tallo fueron los menos plásticos.

Una base fundamental sobre la respuesta del rendimiento frente a la densidad de población, es que al incrementar el número de plantas por unidad de área, la producción y acumulación de materia seca se incrementan efectivamente como resultado del alto porcentaje de radiación interceptada. Sin embargo, con densidades elevadas el rendimiento puede disminuir como consecuencia de la competencia por

luz establecida dentro de la comunidad, así como por efecto de otros factores como la pérdida excesiva de agua por transpiración y severos ataques de plagas y enfermedades. Una mayor uniformidad entre plantas de una comunidad permite mayores densidades sin que ocurra demasiada pérdida de plantas por la competencia intraespecífica (Cayón, 1992).

En los cultivos en estudio, generalmente se obtienen relaciones que favorecen el aprovechamiento de recursos y la acumulación de materia seca; sin embargo, no se identifican las densidades de población óptimas, definida como el número de plantas que permite alcanzar los mejores rendimientos. En muchos cultivos los agricultores establecen densidades comerciales, sin tener en cuenta la plasticidad fenotípica de las plantas sembradas (Rodríguez, 2000).

En el Valle medio del río Sinú, actualmente se siembran comercialmente variedades comerciales de Ají picante como el habanero, tabasco y cayenne, dadas las condiciones de cultivo que la zona presenta, se esperan aún mayores incrementos para exportación y procesamiento (SADECOR, 2003). Esta expectativa en el aumento del área cultivada hace necesario contar con una tecnología adecuada en el manejo del cultivo para obtener buenos rendimientos y frutos de alta calidad. Por ser el Ají picante una especie establecida recientemente como cultivo comercial en el departamento de Córdoba, no se cuenta con tecnologías adecuadas de producción, por lo que se considera importante que éstas deban implementarse de acuerdo a las condiciones de la zona y sustentadas en el análisis de crecimiento y desarrollo de la especie, lo cual permitirá comprender mejor los procesos fisiológicos que determinan la producción y así, poder fundamentar más racionalmente las prácticas de manejo del cultivo (densidad, nutrición, riego, estrategias de protección, entre otros)

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad determinar el efecto de la densidad poblacional sobre la plasticidad fenotípica de plantas de Ají picante (*Capsicum annuum* var. *annuum*) de la variedad Cayenne Long Slim, en el Valle medio del río Sinú

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El presente trabajo se realizó en el Valle medio del río Sinú, en el municipio de Montería, departamento de Córdoba, a 8° 52' N y 76° 48' W; con una temperatura promedio de 28°C, humedad relativa del 80%, altura de

13 m y precipitación promedio anual de 1.200 mm. La zona se considera incluida en la transición entre Bosque Húmedo y Bosque Seco Tropical, de acuerdo con la clasificación de Holdridge (Espinal y Montenegro, 1963). El trabajo de campo se realizó en la granja experimental de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Córdoba, sede Montería, durante los meses de enero a junio de 2003.

### Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques completamente al azar con tres tratamientos, cada uno de los cuales corresponde a una densidad de siembra así: Tratamiento 1 (T1): 10.000 plantas ha<sup>-1</sup> (1 m entre surcos por 1 m entre plantas).

Tratamiento 2 (T2): 20.000 plantas ha<sup>-1</sup> (1 m entre surcos por 0,50 m entre plantas).

Tratamiento 3 (T3): 40.000 plantas ha<sup>-1</sup> (1 m entre surcos por 0,25 m entre plantas).

Se establecieron tres repeticiones, para un total de nueve unidades experimentales, constituidas por parcelas de 72 m<sup>2</sup> (9 surcos a 1 m x 8 m de largo), en las cuales se sembraron las plántulas de Ají según las densidades de siembra de cada tratamiento. La distribución de los tratamientos se hizo al azar en cada bloque, los cuales se definieron considerando la heterogeneidad y pendiente del terreno. Se tuvo una superficie por bloque de 216 m<sup>2</sup>, para un área total de 702 m<sup>2</sup>, con una distancia de un metro entre bloques. La parcela útil fue de 24 m<sup>2</sup> considerando los tres surcos centrales.

### Análisis de la información

La información se organizó sistemáticamente en una base de datos y luego se analizó estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar diferencias entre tratamientos, tomando como referencia la relación entre la densidad de siembra, la edad del cultivo y el resto de las variables medidas (altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas, área foliar, masa seca del tallo, masa seca de hojas, masa seca de frutos y masa seca total). Estas últimas se consideraron como variables dependientes. Se utilizó el procedimiento PROC ANOVA con el software Statistical Analysis System (SAS) versión 9.5. Las medias fueron comparadas por la prueba de Duncan con niveles de significancia de 1% y 5%. Previo al ANOVA, los datos fueron transformados mediante logaritmo para evaluar los supuestos de normalidad de los residuos (prueba de Shapiro-Wilks) y homogeneidad de varianza (prueba de Bartlett).

### Siembra

Se utilizó semilla certificada de la variedad de Ají picante Cayenne Long Slim (*C. annuum* L.), se estableció un semillero en bolsas plásticas que contenían una mezcla 2:2:1 (arena: tierra: materia orgánica) previamente desinfectada. Se mantuvo en semillero durante 35 días, período durante el cual se realizó riego diario y aplicaciones cada ocho días de los fungicidas (Benlate y Oxidloruro de Cobre en dosis de 3 y 5 gr l<sup>-1</sup> respectivamente). Las plantas se trasplantaron a sitio definitivo con cuatro a cinco hojas verdaderas expandidas. La preparación del terreno consistió en una arada y dos pases de rastra en forma cruzada. El manejo agronómico de la fertilización del cultivo se hizo de acuerdo con el análisis de suelo, aplicando de forma localizada alrededor de cada planta, una fuente de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (15:15:15) a los 15 días después del trasplante y una aplicación de Urea 30 días después del trasplante. En cuanto al manejo de plagas y enfermedades, éste se hizo de manera preventiva aplicando los productos Lorsban 4E + Oxidloruro de Cobre (20 cc + 35 g x 20 l<sup>-1</sup>), en rotación con Roxión + Ridomil (20 cc + 35 g x 20 l<sup>-1</sup>) cada quince días.

### Variables evaluadas

Al momento del trasplante se seleccionaron al azar 15 plántulas a las que se les midió diámetro del tallo, altura, número de hojas, área foliar y masa seca, con el fin de tener una referencia inicial en esta etapa del cultivo. Para las variables altura de planta y diámetro del tallo principal, la unidad experimental considerada fue de tres plantas seleccionadas al azar en los surcos centrales de cada repetición y marcadas para tal efecto. Las mediciones se hicieron cada quince días después del trasplante.

**Altura de planta:** Se midió con una regla en centímetros, desde la corona de la raíz hasta el ápice de la última hoja del tallo principal de la planta.

**Diámetro del tallo principal:** Se midió con un nonio de lectura directa a 1 cm de la base del tallo de la planta. Para la estimación de las siguientes variables, se seleccionaban cada 15 días tres plantas por repetición (haciendo muestreo destructivo) durante cuatro meses.

**Número de hojas:** Se hizo contando el número total de hojas por planta.

**Área foliar (AF):** Se determinó en cm<sup>2</sup> por el método gravimétrico utilizando un sacabocado y balanza electrónica.

**Masa seca de tallos y hojas:** Para estimar estas variables, los tallos y hojas por separado se sometieron a secado hasta obtener un peso constante en una estufa a 70°C de temperatura. Una vez secas las muestras se pesaron en una balanza electrónica. La medida se expresó en gramos.

**Masa seca de los frutos por planta:** Los frutos se sometieron a secado hasta peso constante en una estufa a 70°C de temperatura. Una vez secas las muestras se pesaron en una balanza electrónica. La medida se expresó en gramos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, la variación en el crecimiento vegetativo en función de la edad del cultivo resultaron altamente significativas ( $P < 0,01$ ) para todas las características evaluadas (Tabla 1). De otro lado, el efecto de la densidad de población, no fue significativo para las variables altura de planta y masa seca de frutos. La interacción de los dos factores (edad\*densidad) presentó efecto significativo sobre las variables número de hojas, AF, número de frutos, masa seca de tallos y fruto y masa seca total. Las características altura de planta, diámetro del tallo y masa seca de las hojas, no fueron afectadas por la interacción.

Altura de planta. El crecimiento en altura de planta se evidenció desde el inicio hasta el final del ciclo del cultivo. Las diferencias observadas entre las medias, en las tres densidades de población, no resultaron significativas ( $P > 0,05$ ), lo que permite inferir que este carácter resultó ser poco plástico relacionado con la densidad de población del cultivar de Ají picante Cayenne Long Slim (*C. annuum* L.), en el Valle medio del río Sinú.

Viloria (1991) y Viloria et al. (1998), tampoco observaron significancia para la variable altura de planta, al incrementar la densidad de población, en Pimentón (*C. annuum* L.), mientras que Stoffella et al. (1988), reportaron que las plantas presentaron una altura significativamente menor a mayores distancias de siembra. De igual manera, Castro y Hurtado (1998), reportaron que a medida que aumentaba la densidad de población en Ají picante Cayenne (*C. annuum* L.), se incrementaba la altura de planta. Por su parte, González et al. (2001), detectaron la existencia de plasticidad fenotípica en poblaciones de Chile silvestre (*C. annuum* L.), encontrando significativa variación en altura de planta entre poblaciones.

En la Figura 1 se puede observar que hasta los 60 días después del trasplante (DDT), el crecimiento en altura de planta fue lento y relativamente constante, el cual pudo estar relacionado inicialmente, con el estrés causado por el trasplante y la consiguiente recuperación, además, durante las primeras cuatro semanas las plantas desarrollan su sistema radical y foliar. Posterior a los 60 días se registra un incremento, siendo más pronunciado entre los 75 y 90 DDT, luego éste se mantiene relativamente constante hasta los 120 DDT, en donde se registran los máximos valores de altura de planta.

En concordancia con el patrón de crecimiento descrito para diferentes cultivos (Salisbury y Ross 1994, Bertsch, 1995), la curva de crecimiento en altura para las plantas de Ají picante c.v Cayenne, presentó un comportamiento sigmoide, en la que se distinguen tres etapas; 1) de 15 – 75 DDT, caracterizada por un crecimiento lento; 2) de 75 – 90 DDT, corresponde al período donde se presentaron incrementos más pronunciados en altura de planta; 3) de 90 – 120 DDT, el crecimiento en altura de planta tiende a estabilizarse y se mantiene relativamente constante.

Tabla 1. Análisis combinado de varianza para las variables físicas evaluadas en plantas de Ají picante c.v Cayenne Long Slim (*C. annuum* L.) bajo tres densidades de población

F.V	Cuadrados medios de las variables								
	gl	AP	Ø tallo	# Hojas	Área Foliar	MSTallo	MSHojas	MSFruto	MSTotal
DDT	7	41,69**	14,01**	797450,0**	8403205,9**	287,6**	92,46**	639,5**	2674,4**
Repetición	16	1,65	1,56	19778,0	19778,0	1,69	1,14	3,43	6,48
Densidad	2	3,36ns	5,01*	381316,5**	808433,9**	36,08*	15,99*	11,85ns	139,2*
DDT*TTO	14	17,13ns	0,61ns	82242,8*	521004,5**	23,09*	6,86ns	63,18**	197,12**
Error	32	19,44	1,22	17882,6	85070,9	5,50	2,64	4,34	22,27
R <sup>2</sup>		0,41	0,77	0,92	0,95	0,91	0,88	0,96	0,96
C.V.		6,96	9,43	13,73	12,18	13,98	12,09	9,67	9,11

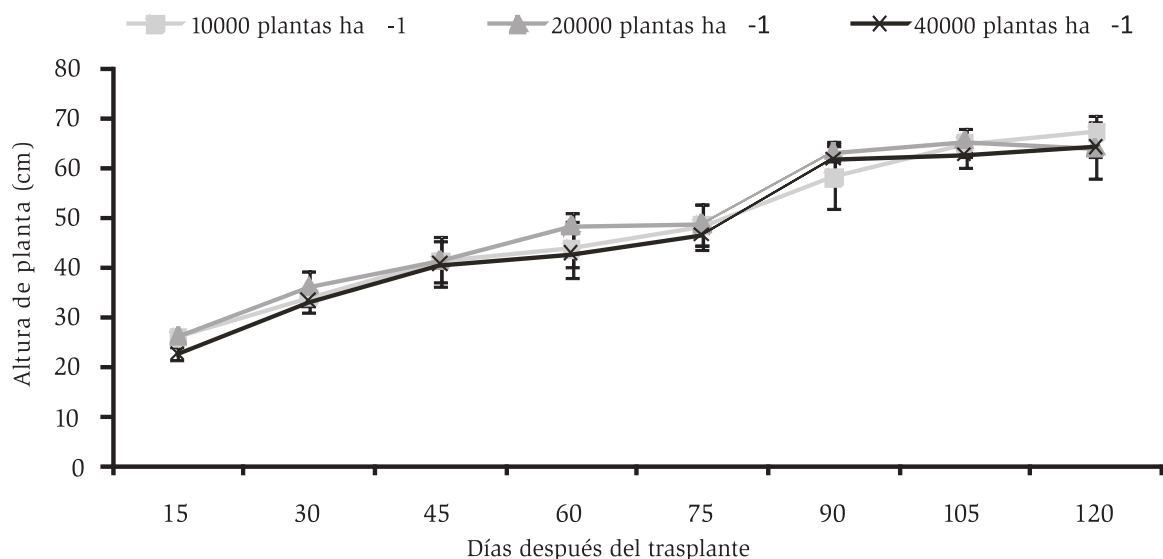


Figura 1. Comportamiento de la altura promedio de la planta de Ají picante c.v Cayenne Long Slim (*C. annuum* L.) bajo tres densidades de población en el Valle medio del río Sinú.

**Diámetro del tallo principal.** Al evaluar el efecto de la densidad de población sobre el diámetro del tallo principal, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de 10.000 y 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>, independientemente de la edad del cultivo (DDTxTTO,  $P < 0,05$ ), (Tabla 1), observándose que a medida que se incrementó cuatro veces la densidad de población, las plantas presentaron tallos más delgados (Tabla 2).

Estos resultados concuerdan con lo expuesto por Viloría et al. (1998), quienes han confirmado que existe una relación directa entre el diámetro del tallo con la distancia de siembra, indicando que a medida que las plantas dispongan de mayor espacio vital, desarrollarán tallos más robustos.

Conclusiones similares para diámetro del tallo, han señalado Decoteau y Hatt Graham (1994) y Sundstrom et al. (1984). En tanto que, González et al. (2001) al

Tabla 2. Efecto de la densidad de población sobre el diámetro del tallo principal de plantas de Ají picante c.v Cayenne Long Slim, en el Valle medio del río Sinú.

Densidad de población	Diámetro promedio (mm)	Desviación Estándar
10.000 plantas.ha <sup>-1</sup>	8,88a*	3,13
20.000 plantas.ha <sup>-1</sup>	7,93ab	2,72
40.000 plantas.ha <sup>-1</sup>	8,37b	3,16

\*Medias con letras iguales, en una misma columna, no difieren según la prueba de Duncan ( $P > 0,05$ ).

evaluar poblaciones de chile silvestre (*C. annuum* L.), encontraron que el diámetro del tallo fue uno de los caracteres menos plásticos junto con el ancho de la hoja.

**Número de hojas.** El análisis de varianza mostró un efecto significativo ( $P < 0,05$ ) de la interacción de la edad del cultivo y la densidad de población sobre el número de hojas (Tabla 1). Se encontró que entre los 30 y los 75 días posteriores al trasplante, los tratamientos presentaron diferencias significativas, siendo mayor el número de hojas por planta en los tratamientos de 10.000 y 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>. De los 105 a los 120 DDT el tratamiento de 10.000 plantas ha<sup>-1</sup>, superó significativamente ( $P < 0,05$ ) al resto de los tratamientos, alcanzando el mayor número de hojas a los 120 días posteriores al trasplante (Tabla 3).

Estos resultados no concuerdan con lo expuesto por Vos (1995) y Vander et al. (1990) quienes afirman que atributos de la planta como el área foliar, la cual depende del número de hojas, se incrementa con altas densidades poblacionales. En tanto que hay mayor concordancia con Rodríguez (2000), quien afirma que el número de ramas laterales basales y su área foliar asociada, declina al aumentar la densidad de población.

Un mayor número de hojas por planta, es un evento favorable para la producción de un cultivo, en vista de que la actividad fotosintética laminar y el crecimiento están estrechamente relacionados, ya que la cantidad de fotosíntesis que una planta realiza depende de la

Tabla 3. Efecto de tres densidades de población sobre el número de hojas en plantas de Ají picante c.v Cayenne Long Slim (*C. annum* L.), durante su ciclo de crecimiento en el Valle medio del río Sinú.

Densidad de población (plantas.ha <sup>-1</sup> )	Número promedio de hojas por planta					
	30DDT	45DDT	60DDT	75DDT	105DDT	120DDT
10.000	171,0a*	328,8 <sup>a</sup>	436,5a	867,3a	1402,6a	1494,0a
	(SD = 5,29)	(SD = 35,53)	(SD = 61,72)	(SD = 346,3)	(SD = 141,08)	(SD = 299,44)
20.000	166,6a	249,6b	347,3ab	677,0ab	783,8b	1265,8b
	(SD = 3,88)	(SD = 24,26)	(SD = 61,01)	(SD = 156,8)	(SD = 97,53)	(SD = 62,75)
40.000	147,5b	205,3b	318,5b	461,0b	850,1b	988,8bc
	(SD = 5,63)	(SD = 9,46)	(SD = 23,75)	(SD = 82,52)	(SD = 116,62)	(SD = 90,39)

\*Medias con letras iguales, en una misma columna, no difieren según la prueba de Duncan ( $P > 0,05$ ). DS: Desviación Estándar

superficie de la hoja u órganos fotosintéticos que posea y de la actividad fotosintética por unidad de área de estos tejidos (Barraza et al., 2004).

**Área foliar.** Las diferencias observadas entre los promedios de área foliar (AF) en las tres densidades de población resultaron significativas ( $P < 0,05$ ), observándose que al disminuir la densidad de población el AF se incrementa. Se encontró que el tratamiento de 10.000 plantas ha<sup>-1</sup> presentó una mayor AF a los 90 y 105 días posteriores al trasplante, en comparación con los tratamientos de 20.000 y 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>, (Tabla 4). Los mayores valores de área foliar obtenidos en el tratamiento de 10.000 plantas ha<sup>-1</sup>, sugieren que las plantas de Ají picante c.v Cayenne Long Slim (*C. annum* L), bajo esta densidad de población, registran una mayor actividad fotosintética laminar, ya que, según Jarma et al. (1999) las plantas con mayor área foliar y ambiente favorable, son capaces de utilizar mejor la energía solar con una fotosíntesis más eficiente.

Estos resultados concuerdan con lo expuesto por Cebula (1995) y Jolliffe y Gaye (1995), quienes observaron una disminución del área foliar y la masa seca de la hoja al aumentar la densidad de población. Las disminuciones de estas características han sido atribuidas por Hale y Orcutt (1987) a una menor producción de fotosintatos producto de la fotosíntesis en las partes bajas de la planta a causa de una reducción en la superficie de recepción de la radiación solar, en la asimilación del carbono y en la transpiración. Este concepto se soporta con lo expuesto por Shibles (1987), quién afirma que la cantidad de área foliar es importante, porque ésta determina la cantidad o importe de energía solar que es absorbida y convertida en materiales orgánicos.

Steer y Pearson (1976), indican que todas las hojas de la planta de chile exportan el mismo porcentaje de carbono fijado. No obstante, la tasa de fijación por unidad de área es diferente entre las hojas jóvenes y adultas (Azofeifa y Moreira, 2004).

La Figura 2 muestra el comportamiento del área foliar durante el ciclo de crecimiento del cultivo para las tres densidades de población evaluadas, observándose una tendencia creciente desde el inicio del ciclo, con disminuciones del AF a los 45 DDT en los tratamientos de 20.000 y 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>; a los 75 días, la disminución se registró en los tratamientos de 10.000 y 20.000 plantas ha<sup>-1</sup> y a los 105 días, se observa una segunda disminución del área foliar en los tratamientos de 10.000 y 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>, posterior a esta fecha se observó una tendencia creciente hasta el final del ciclo. Los máximos valores de AF para los tres tratamientos se registraron a los 120 DDT, coincidiendo con la época en que también se registraron los valores máximos de número de hojas por planta.

Tabla 4. Efecto de tres densidades de población sobre el Área Foliar en plantas de Ají picante Cayenne Long Slim (*C. annum* L), a los 90 y 105 Días Después del Trasplante (DDT), en el Valle medio del río Sinú.

Densidad de población (plantas.ha <sup>-1</sup> )	Área Foliar promedio (cm <sup>2</sup> )	
	90 DDT	105 DDT
10.000	2.452,8a*	2.121,6a
	(DS = 303,04)	(DS = 110,28)
20.000	1.393,9b	1.727,3b
	(DS = 363,96)	(DS = 197,11)
40.000	1.809,7b	1.518,8b
	(DS = 239,51)	(DS = 60,75)

\*Medias con letras iguales, en una misma columna, no difieren según la prueba de Duncan ( $P > 0,05$ ). DS: Desviación Estándar

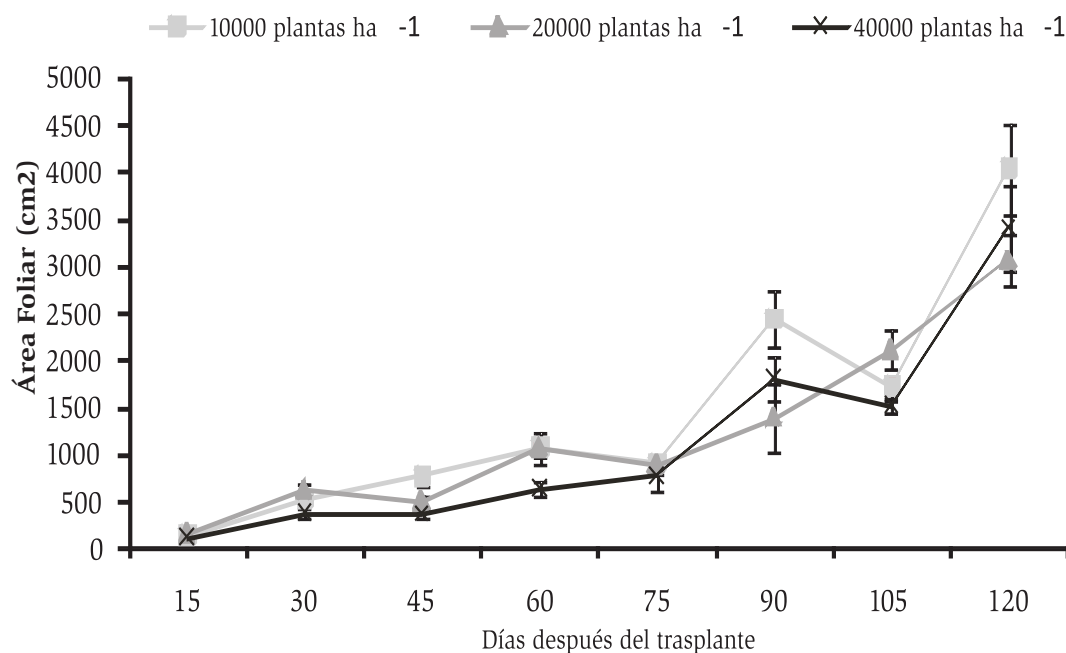


Figura 2. Comportamiento del área foliar en cm<sup>2</sup> de plantas de Ají picante c.v Cayenne Long Slim (*C. annuum* L.) bajo tres densidades de población en el Valle medio del río Sinú.

Tabla 5. Efecto de tres densidades de población sobre la masa seca del tallo en plantas de Ají picante Cayenne Long Slim (*C. annuum* L.), a los 15, 45, 75 y 90 días posteriores al trasplante, en el Valle medio del río Sinú.

Densidad de población (plantas.ha <sup>-1</sup> )	Masa seca promedio (g)			
	15 DDT	45 DDT	75 DDT	90 DDT
10.000	0,52 a* (DS = 0,09)	4,98 a (DS = 0,25)	10,16 a (DS = 0,53)	13,41 a (DS = 1,24)
20.000	0,40 b (DS = 0,02)	3,59 b (DS = 0,17)	7,11 b (DS = 0,32)	11,24 b (DS = 0,57)
40.000	0,40 b (DS = 0,01)	2,60 c (DS = 0,19)	5,28 c (DS = 1,07)	8,17 c (DS = 1,11)

\*Medias con letras iguales, en una misma columna, no difieren según la prueba de Duncan ( $P > 0,05$ ); DDT: Días Después del Trasplante; DS: Desviación Estándar

**Masa seca del tallo.** Al aplicar la prueba de Duncan se pudo establecer que a los 15, 45, 75 y 90 días posteriores al trasplante, el tratamiento de 10.000 plantas ha<sup>-1</sup> superó de manera significativa ( $P < 0,05$ ) al resto de los tratamientos al presentar mayores incrementos en masa seca de tallos (Tabla 5).

Esto permite inferir que existe también, una relación directa entre la masa seca de tallos con distancia de siembra, indicando que a medida que las plantas dispongan de mayor espacio vital, se incrementará la producción de masa seca de este órgano.

Estudios conducidos por Viloría et al. (1998), Díaz et al. (1999), Decoteau y Hatt Graham (1994), Viloría (1991)

y Stoffella et al. (1988), reportaron tallos más gruesos y mayor masa seca de tallos en plantas sembradas a mayor distancia entre sí, las cuales permitieron más espacio para su desarrollo. Además, este incremento en biomasa puede relacionarse con la producción de un mayor número de ramas por planta. Aunque este parámetro no fue cuantificado en el estudio presente, se pudo observar que las plantas cultivadas a mayor distancia de siembra, presentaron más ramas.

El efecto de la densidad de población sobre la formación de ramas, ha sido reportado por Verheij y Verner (1973) y Cebula (1995), quienes apuntan que el Pimentón plantado en menores densidades logra condiciones de luz más favorables para su desarrollo, siendo la

deficiencia de radiación solar, causa importante para que una gran cantidad de yemas laterales del tallo se mantengan en reposo o mueran, sin lograrse la evolución hasta ramas (Hay y Walker, 1989). En este sentido, se puede decir, que el crecimiento vegetativo del Ají picante c.v Cayenne Long Slim expresado en masa seca de tallos resultó significativamente mayor al usar una menor densidad de plantas (10.000 plantas. ha<sup>-1</sup>), indicando esto un efecto importante de la presión poblacional en el desarrollo de la planta de este cultivar.

Decoteau y Hatt Graham (1994), en un experimento con el cv. Carolina Cayenne, encontraron similares resultados; al aumentar la distancia de siembra obtuvieron mayor masa seca por planta; de igual forma, se encontró que el efecto de la densidad no se detectó ( $P > 0,05$ ) en la altura y diámetro de la planta, masa fresca y seca de tallos y hojas por m<sup>2</sup>, manifestándose un efecto compensatorio en la masa de tallos y hojas producto de un mayor número de plantas por área de terreno.

La curva de crecimiento de la masa seca del tallo, presentó un comportamiento similar en las tres densidades de población, tal como se muestra en la Figura 3.

De los 15 a los 75 días posteriores al trasplante, los incrementos iniciales de la masa seca fueron leves en los tres tratamientos. A partir de los 75 días después

del trasplante, se observaron incrementos muy pronunciados de la masa seca del tallo, registrándose para los tratamientos de 10.000 y 20.000 plantas ha<sup>-1</sup> hasta los 105 días después del trasplante, en tanto que, para el tratamiento de mayor densidad de población (40.000 plantas ha<sup>-1</sup>), este incremento pronunciado se registró hasta el final del ciclo (120 DDT). Durante este período se observaron además, las mayores tasas de crecimiento vegetativo. De los 105 a 120 DDT (final del ciclo), en promedio la masa seca del tallo en los tratamientos de 10.000 y 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>, se mantuvo relativamente estable. Los máximos valores de masa seca del tallo, se registraron a los 120 DDT, para todos los tratamientos y se mostraron estadísticamente iguales.

**Masa seca de las hojas.** El análisis de varianza (Tabla 1), para esta variable, demostró que existen diferencias significativas entre las tres densidades de población evaluadas independientemente de la edad del cultivo (DDT x TTD,  $P > 0,05$ ). Al separar las medias de los tratamientos, según la prueba de Duncan (Tabla 6), se observa que el tratamiento de 10.000 plantas ha<sup>-1</sup> presentó mayor acumulación de masa seca de hojas por planta y que hay disminución de la misma al aumentar la densidad de población. Estos resultados concuerdan con las investigaciones de Vilorio et al. (1998), Cebula (1995) y Jolliffe y Gaye (1995).

En la Figura 4, se observa que la masa seca de las hojas por planta, en los tres tratamientos evaluados, aumentó durante todo el ciclo del cultivo.

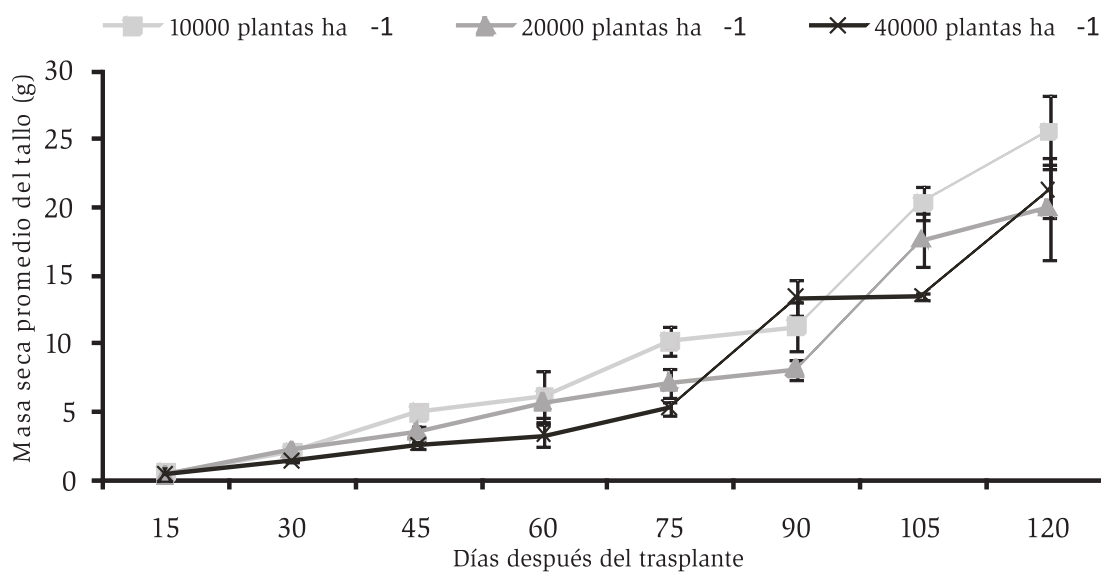


Figura 3. Comportamiento de la masa seca promedio del tallo de plantas de Ají picante c.v Cayenne Long Slim (*C. annum* L.) bajo tres densidades de población en el Valle medio del río Sinú.



DENSIDAD POBLACIONAL Y PLASTICIDAD FENOTÍPICA DEL AJÍ  
PICANTE (*Capsicum annuum* L.) C.V. CAYENE LONG SLIM

Tabla 6. Efecto de la densidad de población sobre la masa seca de las hojas en plantas de Ají picante cultivar Cayenne Long Slim, en el Valle medio del río Sinú.

Densidad de población (plantas.ha <sup>-1</sup> )	Masa seca promedio hojas (g)	Desviación Estándar
10.000	14,97a*	6,01
20.000	12,65b	5,13
40.000	12,67b	5,33

\*Medias con letras iguales, en una misma columna, no difieren según la prueba de Duncan ( $P > 0,05$ ). DDT: Días Después del Trasplante

Tabla 7. Efecto de la densidad de población sobre la masa seca de los frutos en plantas de Ají picante c.v Cayenne Long Slim (*C. annuum* L.), durante el ciclo de crecimiento del cultivo, en el Valle medio del río Sinú.

Densidad de población (plantas.ha <sup>-1</sup> )	Masa seca promedio de frutos por planta (g)				
	45 DDT	60 DDT	75 DDT	90 DDT	105 DDT
10.000	4,03a* (DS = 0,08)	9,85a (DS = 1,91)	10,25a (DS = 1,05)	13,13a (DS = 1,80)	21,26b (DS = 1,25)
20.000	3,95a (DS = 0,37)	9,78a (DS = 1,06)	6,20b (DS = 1,02)	15,22a (DS = 0,72)	28,68a (DS = 1,91)
40.000	0,87b (DS = 0,21)	4,49b (DS = 0,74)	7,35b (DS = 0,45)	8,53b (DS = 1,35)	20,63b (DS = 0,22)

\*Medias con letras iguales, en una misma columna, no difieren según la prueba de Duncan ( $P > 0,05$ ). DDT: Días Después del Trasplante; DS: Desviación Estándar

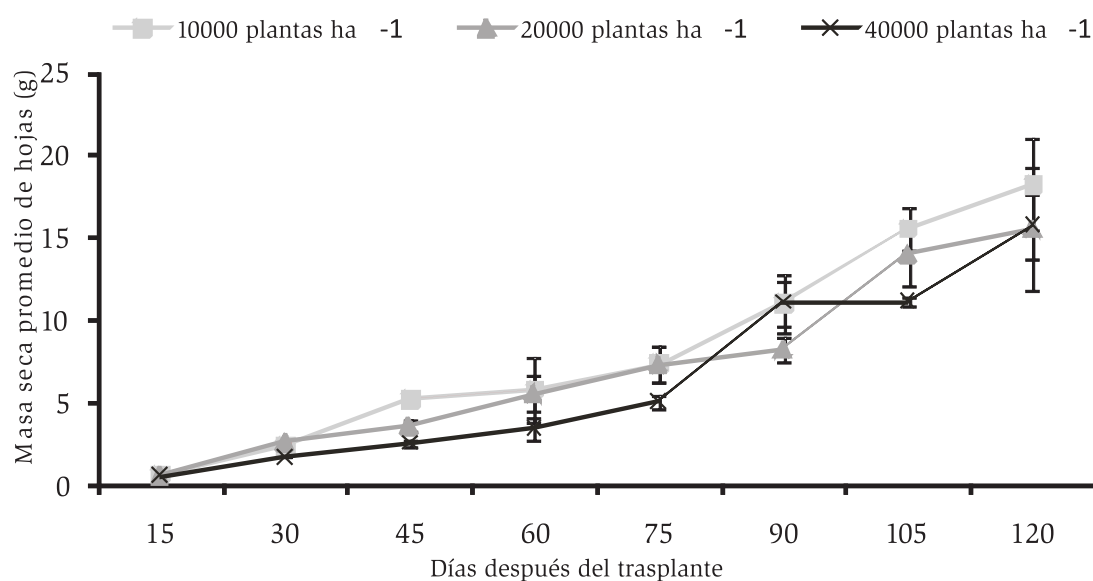


Figura 4. Comportamiento de la masa seca promedio de las hojas en plantas de Ají picante c.v Cayenne Long Slim (*C. annuum* L.) bajo tres densidades de población en el Valle medio del río Sinú.



**Masa seca de los frutos.** Desde el inicio de la producción de frutos (30 DDT) hasta el final del ciclo, se presentaron diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) entre los tratamientos evaluados (Tabla 7). Aplicada la prueba de Duncan, se pudo determinar que a los 45, 60 y 90 DDT, el tratamiento de 40.000 plantas  $ha^{-1}$  registró una menor masa seca de frutos por planta, con una diferencia altamente significativa ( $P < 0,01$ ), en comparación con los tratamientos de menor densidad de población.

A los 75 días posteriores al trasplante, el tratamiento de 10.000 plantas  $ha^{-1}$ , superó de manera altamente significativa ( $P < 0,01$ ) al resto de los tratamientos, en tanto que, a los 105 DDT, se observó que la mayor producción de masa seca de frutos por planta la registró el tratamiento de 20.000 plantas  $ha^{-1}$ . Estos resultados coinciden con lo expuesto por Castro y Hurtado (1998), quienes afirman que la producción unitaria por planta de Ají Cayenne disminuía a mayor densidad de población.

En la Figura 5 se describe el comportamiento del crecimiento en masa seca de frutos por planta en las tres densidades de población evaluadas. Se observó que en los tratamientos de 10.000 y 40.000 plantas  $ha^{-1}$ , la masa seca de frutos aumentó durante todo el ciclo de crecimiento, registrando incrementos muy pronunciados hacia el final del ciclo del cultivo. En tanto que el tratamiento de 20.000 plantas  $ha^{-1}$  registró una disminución de la masa seca de frutos entre los

60 y 75 DDT; luego se observó un incremento muy pronunciado hasta los 105 DDT y posteriormente tendió a estabilizarse hasta los 120 DDT.

Los mayores valores de masa seca de frutos por planta se registraron a los 120 DDT, siendo el tratamiento de 40.000 plantas  $ha^{-1}$  el que presentó un menor valor para esta variable. Se debe considerar, que en el período en que se dan los incrementos más importantes en masa seca de frutos, las tasas de crecimiento de la parte aérea en los tres tratamientos, se mantuvieron estables. Azofeifa y Moreira (1998), Achireddy et al. (1982) y Hall (1977), determinaron que en las variedades de Chile dulce UCR 589, Market Giant y California Wonder, el fruto es el principal vertedero de fotoasimilados. Así mismo, estos autores encontraron que durante esta etapa, más de un 80% del incremento diario en masa seca de la planta se deposita en los frutos y que el crecimiento de otros órganos se reduce.

**Masa seca total por planta.** Con el análisis de varianza se pudo determinar que existen diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) entre los tratamientos evaluados. En la Tabla 8 se observa que a los 45, 60, 90 y 105 días después del trasplante, el tratamiento de 40.000 plantas  $ha^{-1}$  presentó una menor producción de masa seca total con una diferencia altamente significativa, en comparación con los tratamientos de 10.000 y 20.000 plantas  $ha^{-1}$ .

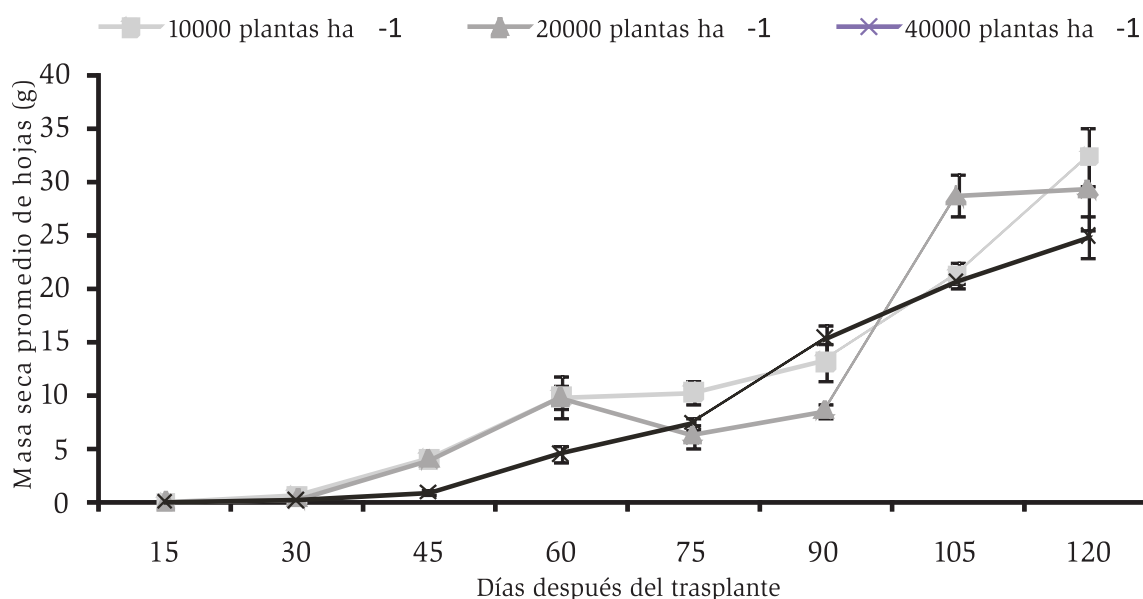


Figura 5. Masa seca promedio de los frutos por planta de Ají picante c.v Cayenne Long Slim (*C. annum* L.) bajo tres densidades de población en el Valle medio del río Sinú.

A los 45 y 75 días después del trasplante, el tratamiento de 10.000 plantas ha<sup>-1</sup> superó al resto de los tratamientos en grado altamente significativo, al registrar una mayor producción de masa seca total por planta. Estos resultados concuerdan con los estudios de Castro y Hurtado (1998), quienes encontraron que a medida que aumentaba la densidad de población en el cultivo de Ají (*C. annuum* L.) c.v Cayenne, Long Slim se disminuía la producción de masa seca total unitaria por planta y, por el contrario, aumentaba la producción por unidad de área de terreno.

Una mayor producción y acumulación de masa seca total en los tratamientos de 10.000 y 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>, permite inferir que las plantas de Ají picante c.v Cayenne Long Slim, sembradas en poblaciones bajas o intermedias (como por ejemplo 10.000 y 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>), presentan una mejor eficiencia fotosintética que cuando se siembran a densidades más altas (e.g., 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>), en donde la producción y acumulación de masa seca disminuyó significativamente, lo que sugiere que a mayor densidad poblacional se presenta una alta competencia intraespecífica por luz y nutrientes. Por otra parte, estos resultados confirman que la densidad de población tiene un marcado efecto sobre el desarrollo de cada planta de Ají picante c.v Cayenne Long Slim, establecidas como comunidad (cultivo) en el Valle medio del río Sinú.

## CONCLUSIONES

El cultivar de Ají picante c.v Cayenne Long Slim (*C. annuum* L.), bajo las condiciones agroecológicas del Valle medio del río Sinú, exhibió un alto nivel de plasticidad fenotípica por efecto de la densidad de la población. Siendo los caracteres más plásticos el diámetro del tallo, área foliar y número de hojas por planta, contrariamente a la altura de planta que fue menos plástica.

Tanto la producción unitaria por planta como la producción por unidad de área de terreno, de masa seca de frutos y masa seca total, son influidas por la densidad de población, lo cual sugiere que este factor debe ser considerado al momento de establecer un cultivo de Ají picante c.v Cayenne Long Slim (*C. annuum* L.).

Las plantas de Ají picante c.v Cayenne Long Slim (*C. annuum* L.) sembradas a densidades poblacionales bajas o intermedias presentan una mejor eficiencia fotosintética que cuando se siembran a mayores

densidades poblacionales, en donde se presenta una alta competencia intraespecífica por luz y nutrientes.

## BIBLIOGRAFÍA

- Achhireddy, N. R., Fletcher, J.S. y L. Beevers. 1982. The influence of shade on the growth and nitrogen assimilation of developing fruits on bell pepper. *HortScience* 17: 635 - 637.
- Azofeifa, A. A. y Moreira, M. A. 1998. Análisis del crecimiento del chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivar UCR 589 en Alajuela, Costa Rica. *Boletín Técnico Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno*. 31 (1): 1-12.
- Azofeifa, A. A. y Moreira, M. A. 2004. Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28 (1): 57-67.
- Barraza, F. V., Fischer, G. y Cardona, C. 2004. Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle del Sinú medio, Colombia. *Agronomía Colombiana* 22 (1): 81-90.
- Bertsch, E. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica. 157 p. Disponible en: [http://www.suelos.ucr.ac.cr/doc\\_pdf.php](http://www.suelos.ucr.ac.cr/doc_pdf.php). Último acceso 14/12/2004.
- Bradshaw, A.D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants, *Advances in Genetics* 13: 115-155.
- Castro, R. y J. Hurtado, J. 1998. Evaluación de cuatro densidades de población en el cultivo de Ají (*Capsicum annuum* L. var. Cayenne) en la zona de Cerritos (Risaralda). *Revista Programa de Agronomía - Universidad de Caldas*, volumen 8 (1): 15 - 21
- Cayón, G. 1992. Fotosíntesis y productividad de cultivos. *Revista Comalfi* 19 (2): 23-31.
- Cebula, S. 1995. Optimización of plant and shoot spacing in greenhouse production of sweet pepper. *Acta Horticulturae* 412: 321-329.
- Decateau, D. R. y Hatt, G. H. 1994. Plant spatial arrangement affects growth, yield, and pod distribution of cayenne peppers. *HortScience* 29 (3): 149-151.
- Díaz, L., Viloria, A. y Arteaga, L. 1999. Crecimiento vegetativo del pimentón en función de la densidad de plantas y edad del cultivo. *Bioagro* 11(2): 69-73.
- Espinal, S. y E. Montenegro. 1963. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 70 p. Departamento Agrológico Bogotá.
- González, R., Torres, F., Sánchez, P., Luna, C., Pacheco, A., Rocha, J., Garzón, J. y Hernández, S. 2001. Plasticidad fenotípica en poblaciones de chile silvestre (*Capsicum annuum* L.). I. Variación en la norma de reacción a la luz. *Memorias XV congreso mexicano de botánica*. Disponible en: <http://www.socbot.org.mx/disco/resume/re284.html>. Último acceso 23/06/2003.
- Hall, A. J. 1977. Assimilate source-sink relationship in *Capsicum annuum* L. I. The dynamics of growth in fruiting and deflorated plants. *Aust. J. Plant Physiol.* 4: 623 - 636.
- Hay R. K. M. and A. J. Walker. 1989. An introduction to the physiology of crop yield. John Wiley & Sons, Inc., New York. USA.
- Hale, M.G. y Orcutt, D.M. 1987. *The Physiology of Plants Under Stress*, Wiley-Interscience, New York.
- Jarma, A. C. Buitrago y S. Gutiérrez. 1999. Respuesta del crecimiento de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L. var. Blue Lake) a tres niveles de radiación incidente. *Revista Comalfi* 26 (1-3): 62-73.
- Jolliffe, P. A. y M. M. Gaye. 1995. Dynamics of growth and yield component responses of bell peppers (*Capsicum annuum* L.) to row covers and population density. *Scientia Horticulturae* 62 (3): 153-164.

- Kohashi, S. J. 1990. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol *Phaseolus vulgaris* L. y su relación con el rendimiento. Colegio de Postgraduados, Chapingo.
- Reyes, J. M. y Martínez, D. 2001. La plasticidad de las plantas. Revista Elementos 8 (41):39-44.
- Rodríguez, L. 2000. Densidad de población vegetal y producción de materia seca. Revista Comalfi 27 (1-2): 31-38.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica S.A., México. 759 p.
- SADECOR - Secretaría de Desarrollo Económico y Agroindustrial de Córdoba, 2003. Reporte estadístico de cultivos sembrados por Municipios reportados por las UMATAS, Montería. 145 p.
- Shibles, R. 1987. Crop physiology. Iowa State University, Iowa, 214p.
- Steer, B. y Pearson, C. J. 1976. Photosynthate translocation in *Capsicum annuum*. Planta 128: 155-162.
- Stoffella, P. J. Williams y Bryan, H. H. 1988. Plant population influences growth and yields of bell pepper. Amer. Soc. Hort. Sci. 113 (6): 835-839.
- Sundstrom, F. J., C. H. Thomas, R. L. Edwards y G. R. Baskins. 1984. Influence of N and plant spacing on mechanically harvested tabasco peppers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109: 642-645.
- Vander, P., Emagante, A. y Ewing, E. 1990. Influence of plant spacing on potato (*Solanum tuberosum* L.) morphology, growth and yield under two contrasting environments. Potato Research 33: 313-323.
- Verheij, E. W y Verner, F. L. 1973. Light interception and yield of peppers grown under glass in relation to plant spacing. Acta Horticulturae 32: 149-159.
- Viloria, A. 1991. Respuesta de las variables de crecimiento vegetativo y reproductivo del pimentón (*Capsicum annuum* L.) a la presión poblacional. Trabajo de Ascenso. Universidad Centro Occidental "Lisandro Alvarado". Decanato de Agronomía. Barquisimeto. Venezuela. 75 p.
- Viloria, A., Arteaga L. y Pire, R. 1998. Desarrollo radical del pimentón (*Capsicum annuum* L.) bajo tres distancias de siembra y su relación con el peso de los frutos. Bioagro 10(3): 80-83.
- Viloria, A., Arteaga L. y Rodríguez, H. A. 1998. Efecto de la distancia de siembra en las estructuras de la planta del pimentón. Agronomía Tropical 48(4): 413-423.
- Vos, J. 1995. The effects of nitrogen supply and steam density on leaf attributes and steam branching in potato (*Solanum tuberosum* L.) Potato Research 38: 271-279.

Fecha de recepción: 04/07/2008

Fecha de aceptación: 11/02/2009