

ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO DEL CHILE DULCE (*Capsicum annuum* L.) CULTIVAR UCR 589 EN ALAJUELA, COSTA RICA

Alvaro Azofeifa¹, Marco A. Moreira²

RESUMEN

Análisis del crecimiento del chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivar UCR 589 en Alajuela, Costa Rica. Desde mayo a noviembre de 1995, se analizó el patrón de crecimiento de la planta de chile dulce, cultivar UCR 589, durante su ciclo de cultivo., en Alajuela, Costa Rica. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, donde los tratamientos correspondieron a las épocas de muestreo. Se realizaron muestreos cada 14 días a partir del momento en que se presentó un 85% de plántulas emergidas (26 días después de la siembra), de ocho plantas centrales de la parcela útil. En cada muestreo se determinó el área foliar y el peso seco en cada sección de la planta (raíz, parte aérea, flor y fruto), variables con las cuales se determinaron los índices fisiológicos y morfológicos. La planta presentó una curva de crecimiento sigmoideal, con las siguientes etapas: a. De los 26 a los 82 DDS: esta fase se caracterizó por un lento crecimiento, debido a que la planta es muy pequeña y apenas está desarrollando su sistema radical y foliar b. De los 83 hasta los 138 DDS. Comprende la fase de rápido crecimiento vegetativo y reproductivo. c. De los 139 hasta los 152 DDS: la tasa de crecimiento disminuye gradualmente. d. De los 153 hasta los 166 dds, período en el cual la planta alcanza la madurez y las tasas de crecimiento tienden a estabilizarse. e. De los 167 hasta los 180 DDS, la planta muestra signos de senescencia y el contenido de materia seca decrece. La producción de biomasa está ligada a la fenología de la planta, especialmente a la floración y la fructificación. La planta invierte más fotoasimilados hacia la producción de frutos que hacia la parte vegetativa. Además, la planta limita el crecimiento vegetativo cuando inicia la fructificación; especialmente cuando los frutos presentan las mayores tasas de crecimiento.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, fitomejoramiento, índice de crecimiento, Costa Rica.

ABSTRACT

Growth analysis of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) UCR-589 cultivar in Alajuela, Costa Rica. The growth pattern of the sweet pepper plants cultivar UCR-589, was analyzed from May through November 1995, in Alajuela, Costa Rica. A Complete Randomized Block experimental design with four replications was used, in which the treatments corresponded to the sampling epochs. The sampling was conducted every 14 days, starting when the seedling emergence reached 85% (26 days after planting-DAP), from eight central plants of the useful plot. The foliar area and dry weight of each plant section (root, aerial part, flower and fruit) were measured, variables used to determine the physiological and morphological indexes. The plant showed a sigmoidal growth curve, with the following stages: a. From 26 to 82 DAP; this stage was characterized by a slow growth, due to the fact that the plant was small and its root and foliar systems were just starting to develop. b. From 83 to 138 DAP: Comprises the phase of rapid vegetative and reproductive growth. c. From 139 through 152 DAP: the growth rate gradually decreases. d. From 153 to 166 DAP: period in which the plant reaches maturity and the growth rates tend to stabilize. e. From 167 to 180 DAP: the plant shows signs of senescence and the dry matter content decreases. The biomass production is linked to the phenology of the plant, specially at blooming and fruiting. The plant invests more photo assimilates on fruits production than on the vegetative parts. Besides, the plant limits its vegetative growth when fruiting starts, specially when the fruits present the highest growth rates.

Keywords: *Capsicum annuum*, plant breeding, growth rate, Costa Rica.

¹ Parte de la tesis de grado del primer autor presentada a la Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

² Mag. Sc. Programa de Hortalizas, Estación Experimental Fabio Baudrit, Universidad de Costa Rica.

INTRODUCCION

Entre las hortalizas de fruto, el chile dulce ocupa el segundo lugar en importancia socioeconómica y de consumo en Centro América. Se le considera una de las hortalizas de mayor valor nutritivo, especialmente en relación con el contenido de vitamina C, en el que supera a todas las hortalizas y a muchas frutas, incluyendo a los cítricos (Jiménez, *et al.*, 1990).

En general, es un cultivo de manejo intensivo y hay muy poca información local sobre el análisis del crecimiento y la fenología de la planta. En consecuencia, se utilizan tecnologías de manejo que demandan un uso excesivo de agroquímicos, que no solo han incrementado los costos de producción, sino que contaminan el producto cosechado y el ambiente.

El crecimiento se define como un incremento constante en el tamaño de un organismo, que está acompañado de dos procesos: morfogénesis y diferenciación; el primero es el desarrollo de la forma o modelo de la célula u órgano y el segundo, es el proceso por el cual las células cambian estructural y bioquímicamente para formar o adquirir funciones especializadas (Taiz y Zeiger, 1991). Ambos procesos se pueden medir mediante la tasa absoluta de crecimiento en función de la cantidad de materia en crecimiento presente y la tasa de funcionamiento de ésta, en relación con la influencia del ambiente (Milthorpe y Moorby, 1982).

El peso seco es el criterio más apropiado para medir el crecimiento y la magnitud del sistema de asimilación de la planta referido frecuentemente al área foliar total (Taiz y Zeiger, 1991; Radford, 1967).

El área foliar es la medida usual del tejido fotosintetizador de una comunidad de plantas. Además, la cantidad de área foliar es importante, porque ésta determina la cantidad o importe de energía

solar que es absorbida y convertida a materiales orgánicos (Shibles, 1987). 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 las adultas. También menciona que los frutos son capaces de fijar carbono para su desarrollo, pero, además, los fotoasimilados son importados desde las hojas del eje principal, de donde se encuentra el fruto. Estos asimilados son la principal fuente, contribuyendo en aproximadamente 7,5 veces más en carbono que el fijado por los mismos frutos.

En la curva de crecimiento de la planta de chile se distinguen tres etapas: La primera, una fase inicial o logarítmica, donde la planta joven cuenta con una reducida área foliar y sistema radical. La segunda, una fase vegetativa o exponencial donde el crecimiento es rápido y el poder de asimilación de la planta aumenta a medida que sus órganos se desarrollan. La tercera fase de estabilización, donde después del inicio de la fructificación ocurre una disminución del crecimiento hasta estabilizarse (Rylski, 1986).

El objetivo de este trabajo fue determinar el patrón de crecimiento de las plantas de chile dulce, cultivar UCR 589, bajo condiciones de campo.

MATERIALES Y METODOS

Entre mayo y noviembre de 1995, se realizó un experimento en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno (EEFBM), localizada en San José de Alajuela, a una elevación de 840 msnm, cuyas condiciones climáticas durante ese período, se presentan en el Cuadro 1.

El suelo donde se estableció el experimento fue franco (arena 44%, arcilla 22%, y limo 37%), pH en agua 5,7; K, Ca, Mg, Acidez, y CICE^{1/}: 0,67; 7,1; 2,0; 0,4 y 10,2 cmol (+)/L de suelo y P, Cu,

^{1/} Capacidad de Intercambio Catiónico.

Cuadro 1. Promedios mensuales de humedad relativa, temperatura, brillo solar y precipitación durante el período experimental. Alajuela, Costa Rica. 1995.

Mes	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)			Brillo solar (horas)	Precipitación (mm)
		Mínima	Promedio	Máxima		
Mayo	86,0	23,1	23,1	29,2	6,4	332,7
Junio	87,0	19,3	23,1	28,6	5,7	203,8
Julio	84,0	19,5	22,9	28,7	5,0	234,2
Agosto	89,0	18,8	22,4	27,8	6,6	490,1
Setiembre	89,0	22,6	22,6	28,2	4,8	295,4
Octubre	91,0	19,0	22,2	27,5	4,5	431,5
Noviembre	78,0	19,4	23,3	29,3	5,1	95,2

Fe, Mn, Zn, B y S: 33,5; 18,0; 278,0; 6,3; 2,0; 0,72 y 36,0 mg/L de suelo, respectivamente.

La siembra del almácigo se realizó el 3 de mayo de 1995, en bandejas de estereofón de 128 celdas. En el campo, se sembraron dos semillas por celda del cultivar de chile dulce UCR- 589 a una profundidad entre 1 a 1,5 cm. Luego de la emergencia, se raleó dejando la mejor plántula.

El transplante se hizo el 6 de junio de 1995, a una distancia de 0,40 metros entre plantas y 1,2 metros entre hileras (20 833 plantas por hectárea). Al fondo del hoyo de transplante se colocaron 20 g/planta de la fórmula 10-30-10 (1ª fertilización). A los 15 días se realizó la segunda fertilización, aplicándose nuevamente 20 g/planta de la fórmula anterior más 5 g/planta de la fórmula 18-5-15-6-2. Al mes de transplante, se fertilizó por tercera vez, con una mezcla de Nitrato de amonio y la fórmula 18-5-15-6-2, ambos en dosis de 2,5 g/planta. A los 45 días después del transplante, se aplicó nuevamente, las fórmulas mezcladas 18-5-15-6-2 y Nitrato de amonio a razón de 2,5 g y 5,0 g por planta, respectivamente (4ª fertilización). Posteriormente, se llevaron a cabo tres fertilizaciones adicionales, con la fórmula 18-5-15-6-2, a razón de 20 g/planta a los dos, tres y cuatro meses después del transplante. En total se aplicaron 398, 323, 302, 88 y 29 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O, MgO y B₂O₃, respectivamente.

Además, se realizaron aplicaciones foliares, con las fórmulas 21-53-0, 20-20-20 en el almácigo y después del transplante, con elementos menores (Boro, Zinc, Hierro, Molibdeno) y medios (Azufre, Magnesio y Calcio).

El control de plagas y enfermedades se realizó según la ocurrencia de éstas y con productos específicos. Para el manejo de malezas, durante el primer mes se realizó una aporca y posteriormente, se hicieron aplicaciones dirigidas de paraquat.

La cosecha se realizó cada 4 días, a partir del momento en que se presentaron frutos maduros (incluye pintones). Estos se clasificaron en las siguientes categorías: frutos de primera (frutos sanos, con un diámetro no menor de 7,62 cm y un largo mayor de 8,89 cm), frutos de segunda (frutos sanos, con un diámetro y largo no menor de 6,35 cm), frutos de tercera (frutos pequeños, sanos, con un diámetro y largo menor a 6,35 cm) y frutos no comerciales (frutos inmaduros o que presentaron daños por patógenos o insectos).

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y 13 tratamientos, que correspondieron a las épocas de muestreo a saber: 26^{2/}, 40, 54, 68, 82, 96, 110, 124, 138, 152, 166, 180 y 194 días después de la siembra (DDS). La unidad experimental consistió de tres surcos de 6 m

^{2/} Corresponde a 14 días después de 85% de plántulas emergidas.

de largo espaciados 1,2 m entre sí. En cada surco se sembraron 15 plantas a una distancia de 0,4 m. Como parcela útil se tomaron las 8 plantas centrales y se dejó como bordes los surcos externos y la tercera y cuarta planta lateral del surco central.

Para evaluar el crecimiento de las plantas, se midió el peso seco de cada una de las secciones, el peso seco total y el área foliar; con estas variables se determinaron los índices fisiológicos: índice de crecimiento relativo (ICR) e índice de asimilación neta (IAN) y los índices morfológicos: índice de área foliar (IAF), razón de área foliar (RAF), razón de peso comercial o índice de cosecha (K) y la razón de peso radical (RPR), según Radford (1967) y Bertsch (1995).

Para determinar el peso seco, el material se clasificó en secciones de planta y por repetición, se colocó en bolsas de papel y se introdujo en una estufa a 70°C por 24 a 48 horas hasta que alcanzó peso constante. Previamente, las plantas se lavaron con agua corriente y se enjuagaron con agua destilada;

luego se separaron en secciones: a) tallos y hojas, b) raíz, c) flores y d) frutos. La determinación del área foliar en cada uno de los muestreos, se realizó por medio de una relación de peso, entre el peso de una muestra representativa de área foliar conocida, tomada con un sacabocados, con el peso foliar de la muestra.

RESULTADOS Y DISCUSION

Materia seca

En el Cuadro 2 y la Figura 1, se puede observar la producción de materia seca durante el ciclo de crecimiento.

Raíz

El crecimiento de las raíces se caracterizó por ser bastante estable durante todo el ciclo, con variaciones de poca magnitud.

Cuadro 2. Peso seco (g) de la raíz, parte aérea, flor, fruto y total de la planta de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivar UCR 589, durante su ciclo de crecimiento. Alajuela, Costa Rica. 1995.

DDS ^{1/}	Raíz	Tallos y hojas ^{2/}	Flor	Fruto	Total
26	0,001 e ^{2/}	0,02 e	0,000 i	0,00 f	0,02 g
40	0,058 e	0,17 e	0,000 i	0,00 f	0,23 g
54	0,157 e	0,76 e	0,000 i	0,00 f	0,92 g
68	0,347 e	2,93 e	0,007 h	0,00 f	3,28 g
82	1,085 e	10,04 d	0,133 e	0,71 fe	11,97 g
96	2,404 d	24,92 c	0,251 b	12,77 e	40,35 f
110	3,363 dc	34,23 b	0,044 g	69,72 d	107,40 e
124	3,116 dc	25,79 c	0,000 i	136,50 c	165,40 d
138	4,052 c	35,98 b	0,000 i	175,20 b	215,20 c
152	5,647 b	38,17 b	0,071 f	195,80 a	239,0 ba
166	5,996 ba	34,46 b	0,244 c	198,20 a	238,90 ba
180	6,118 ba	39,14 b	0,315 a	188,10 a	233,70 b
194	6,750 a	47,57 a	0,163 d	194,70 a	249,10 a

^{1/}Días después de la siembra.

^{2/}Promedios con igual letra, en la misma columna no difieren significativamente según prueba de Duncan (P = 0,05).

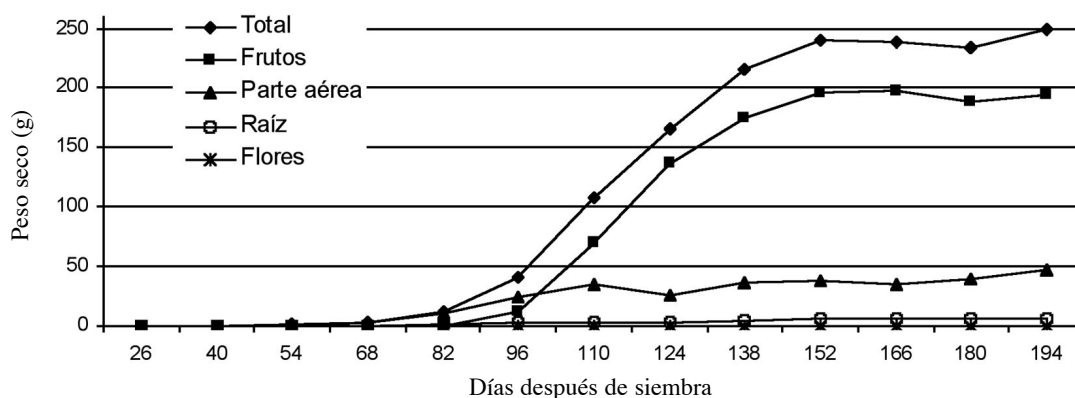


Figura 1. Peso seco (g) de las secciones de la planta de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivar UCR 589 durante el ciclo de cultivo. Alajuela, Costa Rica 1995.

Tallos y hojas

En general, la curva de crecimiento del peso seco de la parte aérea, presentó tres fases: 1) la primera, comprendió de los 26 a los 68 DDS; los incrementos iniciales del peso seco fueron leves y estadísticamente iguales; 2) la segunda, se desarrolló de los 68 hasta los 110 DDS; presentó incrementos muy pronunciados de peso aéreo y comprendió el período de la primera floración; además se observó el mayor crecimiento vegetativo; 3) la tercera fase de los 110 hasta los 180 DDS (final del ciclo); en promedio, el peso seco de la parte aérea se mantuvo relativamente estable. Se debe considerar que la planta se encuentra en fructificación y que, de los 96 a 152 DDS, ocurrieron incrementos muy fuertes en el peso de los frutos, los cuales afectaron el comportamiento del peso (crecimiento) de la parte aérea. Al respecto (Schoch, 1980) determinó que, cuando los frutos crecen, se inhibe el crecimiento vegetativo y que cuando los primeros frutos empiezan a madurar, se inicia una nueva fase de crecimiento vegetativo.

Flores

El peso seco de la flor representó un aporte relativamente pequeño a la biomasa total de la planta

(Cuadro 2 y la Fig. 1). Las plantas mostraron dos ciclos de floración muy claros. A los 68 DDS se obtuvo el primer valor de peso seco, marcando el inicio del primer ciclo de floración. A partir de este momento, la producción de flor aumentó hasta alcanzar su máximo a los 96 DDS. Al momento en que se presentaron las mayores tasas de crecimiento de fruta, la producción de flores decreció paulatinamente, hasta llegar a un valor de cero a los 124 DDS, marcando el final del primer ciclo de floración. La duración del primer ciclo de floración fue de aproximadamente 45 días. El segundo ciclo de floración se inició aproximadamente a los 152 DDS y alcanzó su máximo a los 180 DDS. La segunda floración inició en momentos que las plantas presentaron pequeñas tasas de crecimiento del fruto.

Frutos

La producción de frutos se inició los 82 DDS (Cuadro 2 y Fig. 1). Es importante notar, que en el período en que ocurrieron los incrementos más importantes en el peso seco de los frutos (de los 96 a 138 DDS), las tasas de incremento en el peso seco de la parte aérea tendieron a disminuir. Al respecto, Achhireddy, *et al.* (1982) y Hall (1977), determinaron que en las variedades de chile dulce "Market

Giant” y “California Wonder”, el fruto es el principal sumidero de fotoasimilados. Asimismo, encontraron que durante esta etapa más de un 90% del incremento diario en peso seco de la planta se destina a los frutos y que el crecimiento de otros órganos se reduce. La merma en el peso de los frutos observada a los 180 DDS, se podría atribuir a la incidencia repentina del picudo del chile, *Anthonomus eugenii*, que provocó la caída de flores y frutos pequeños.

El patrón de crecimiento de las plantas, podría explicarse de acuerdo a Shibles (1987). Al inicio del ciclo de crecimiento de la planta el área foliar es reducida, su actividad fotosintética es incipiente y el principal sumidero son los brotes y hojas nuevas en crecimiento. Conforme se incrementa el área foliar, la tasa de producción de asimilados producto de la fotosíntesis también se incrementa. A la vez, los asimilados son reinvertidos continuamente en crecimiento vegetativo (principal sumidero). Este efecto, que se repite constantemente, genera un crecimiento cada vez más rápido. Posteriormente, aparecen las flores y luego los frutos, los cuales se constituyen en el sumidero principal de la planta, por lo que el crecimiento vegetativo disminuye gradualmente. El crecimiento de los frutos se da principalmente a expensas de la translocación de asimilados, desde las fuentes (hojas) o lugares de reserva (tallos), hacia los frutos (sumideros). Luego la planta alcanza la madurez y senesce.

Total

En concordancia con Rylski (1986) y Bertsch (1995), las plantas presentaron una curva de crecimiento de tipo sigmoideal, con cinco etapas bien definidas: 1) de los 26 a los 82 DDS, fase que se caracterizó por un lento crecimiento, debido a que en este período la planta fue muy pequeña y apenas estaba desarrollando su sistema radical y foliar, razón por la que la producción de materia seca por unidad de área y tiempo fue muy reducida; 2) de los 83 hasta los 138 DDS, correspondió al período con las mayores tasas de crecimiento vegetativo y repro-

ductivo (flores y frutos); 3) de los 139 hasta los 152 DDS; la tasa de crecimiento disminuyó gradualmente; el crecimiento vegetativo y reproductivo fue menor. Se presentó la segunda floración; 4) de los 153 hasta los 166 DDS, período en el cual la planta alcanzó la madurez y las tasas de crecimiento tendieron a estabilizarse; 5) de los 167 hasta los 180 DDS, la planta mostró signos de senescencia como por ejemplo la caída de hojas viejas y en consecuencia, el contenido de materia seca decreció. A los 194 DDS se reinició el crecimiento, que es propio de una planta perenne.

Distribución en el tiempo de la materia seca en las secciones de la planta

El patrón de distribución de la materia seca de las secciones de la planta durante su ciclo de crecimiento (Fig. 2) permite también separar tres fases generales:

1) 26 a 68 DDS, en la que la materia seca se distribuyó exclusivamente entre la parte aérea y la raíz; ésta última exhibió un 5% de la materia seca total a los 26 DDS y aumentó a un máximo (25%) a los 40 DDS; luego manifestó una tendencia sostenida a decrecer a medida que otras secciones de la

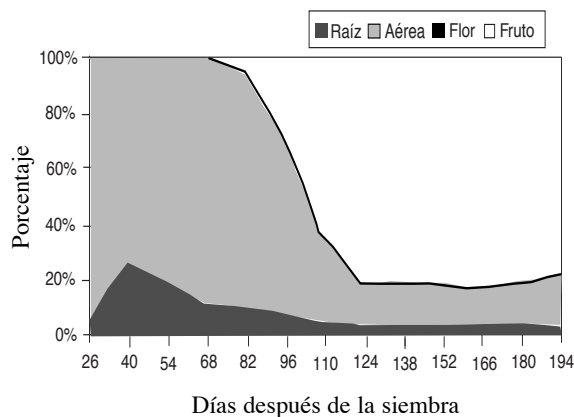


Figura 2. Distribución porcentual de la materia seca, en plantas de chile dulce (*Capsicum annum L.*) cultivar UCR 589, durante el ciclo de cultivo. Alajuela, Costa Rica. 1995.

planta aumentaron la materia seca. La parte aérea constituyó, aproximadamente en promedio, un 85% de la materia seca total de la planta durante esta fase.

2) 68 hasta los 124 DDS (final de la primera floración); se caracterizó por la aparición de la floración (68 DDS) y la consecuente fructificación. En esta fase, tanto la biomasa de la parte aérea como la de la raíz disminuyeron y se incrementó de manera muy significativa la correspondiente a los frutos, especialmente en el intervalo entre los 82 y los 110 DDS. Al respecto, Hall (1977) concluyó que el crecimiento de los frutos es el principal factor modulador de la partición de materia seca en las plantas de chile y que la tasa de crecimiento absoluto de los frutos crece inversamente proporcional al crecimiento de otros órganos. La disminución porcentual de la materia seca de la raíz se inició a los 40 DDS, (1^o fase) y continuó hasta los 124 DDS, cuando presentó un 1,9% del total de la planta. La parte aérea, inició la segunda fase (68 DDS) con un 89,33% y la terminó (124 DDS) con un 15,59%. Los frutos iniciaron esta fase con 0% de y terminaron con 82,52% de la materia seca total de la planta.

3) de los 124 DDS (después de la primera floración) hasta el final del ciclo. Los porcentajes de la materia seca en las diferentes secciones permanecieron relativamente constantes; la raíz osciló aproximadamente en un 2%, la parte aérea en un 16% y el fruto en un 82%.

El porcentaje de materia seca, relativo a las flores, fue muy pequeño respecto de las otras secciones de la planta. El mayor valor (1,11%) se presentó a los 82 DDS. Milthorpe y Moorby (1982), mencionaron que el patrón de distribución de sustancias en la planta está cambiando permanentemente a medida que las hojas crecen y pasan de ser importadoras netas a ser exportadoras netas; también cambia a medida que surgen otros órganos de recepción o de utilización, como los frutos. Por su parte Shibles (1987) señaló que la distribución de la materia seca en las plantas está determinada principalmente por la ontogenia del cultivo, el genotipo, la presencia y calidad de sumideros, y la distancia entre el sumidero y la fuente.

Índices fisiológicos y morfológicos

En el Cuadro 3, se presentan los valores de los distintos índices fisiológicos y morfológicos de las plantas de chile dulce c.v. UCR 589, durante su ciclo de crecimiento.

Índice de Crecimiento Relativo (ICR)

En el Cuadro 3 y la Figura 3 se presentan los valores y la tendencia del ICR durante el ciclo de la planta. Aproximadamente a los 40 DDS (plantas con cuatro a seis hojas) se presentó el máximo valor de 0,162 g/g/día. A partir de los 54 días y hasta el final del ciclo (180 DDS), los valores del ICR disminuyeron. Este período se puede separar en dos partes de la siguiente manera: primero de los 54 DDS (plantas con 10 a 13 hojas) hasta los 110 DDS (la primera floración está por terminar y se presentan frutos medianos y pequeños), con valores intermedios del ICR. Luego, de los 124 DDS (final de la floración y frutos grandes y medianos) hasta los 180 DDS (los valores del ICR son pequeños y alcanzan un valor mínimo de -0,001 g/g/día). De los 180 a 194 DDS ocurrió un incremento en el valor del ICR, indicando el inicio de un segundo ciclo de crecimiento.

Como se observa, durante la ontogenia de la planta hay un período inicial en el que el ICR es mayor, luego es seguido por un período más o menos constante, para posteriormente disminuir. La primera fase (alrededor de los 40 DDS), se asocia al crecimiento vegetativo inicial de la planta, en la que, casi todo el tejido presente puede fotosintetizar y producir asimilados para reinvertir en nuevo crecimiento vegetativo, que a la vez, produce y reinvierte. Además, la planta cuenta con meristemas en crecimiento activo y hojas en expansión; la división celular fue muy alta.

Entre los 54 y los 110 DDS, se presentaron dos sumideros importantes, que aportaron crecimiento nuevo a la planta. Por un lado, el crecimiento vegetativo (meristemas y hojas en expansión) y por otro, la floración y crecimiento inicial de frutos y

Cuadro 3. Índices fisiológicos y morfológicos, de las plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivar UCR 589, durante su ciclo de cultivo en días después de la siembra (DDS). Alajuela, Costa Rica. 1995.

DDS	ICR ^{1/}	IAN ^{2/}	IAF ^{3/}	RAF ^{4/}	K ^{5/}	RPR ^{6/}
26	—	—	0,001 h	297,90 a	0,000 f	0,042 f
40	0,162 a*	0,00078 cb	0,008 hg	172,40 c	0,000 f	0,250 a
54	0,098 b	0,00055 dc	0,035 hg	182,20 b	0,000 f	0,171 b
68	0,089 cb	0,00052 dc	0,113 g	163,80 d	0,000 f	0,107 c
82	0,094 cb	0,00065 dcb	0,330 f	131,90 e	0,061 e	0,091 d
96	0,085 cb	0,00097 cba	0,543 dc	64,11 f	0,322 d	0,059 e
110	0,072 c	0,00166 a	0,733 b	32,81 g	0,647 c	0,031 g
124	0,031 d	0,00130 ba	0,601 c	17,46 h	0,825 ba	0,019 l
138	0,019 ed	0,00103 cba	0,850 a	18,95 h	0,813 ba	0,019 l
152	0,008 e	0,00057 dc	0,466 ed	9,34 i	0,817 ba	0,024 k
166	-0,0003 e	-0,00004 ed	0,349 f	7,01 i	0,831 a	0,025 j
180	-0,001 e	-0,00018 e	0,419 fe	8,60 i	0,805 ba	0,026 i
194	0,004 e	0,00047 edc	0,601 c	7,81 i	0,779 b	0,027 h

^{1/} Índice de crecimiento relativo (g/g/día); ^{2/} Índice de asimilación neta (g/cm²/día); ^{3/} Índice de área foliar (cm²/cm²);

^{4/} Razón de área foliar (cm²/g); ^{5/} Razón de peso comercial (g/g); ^{6/} Razón de peso radical (g/g).

*Promedios con igual letra, en la misma columna, no difieren significativamente según prueba de Duncan (P = 0,05).

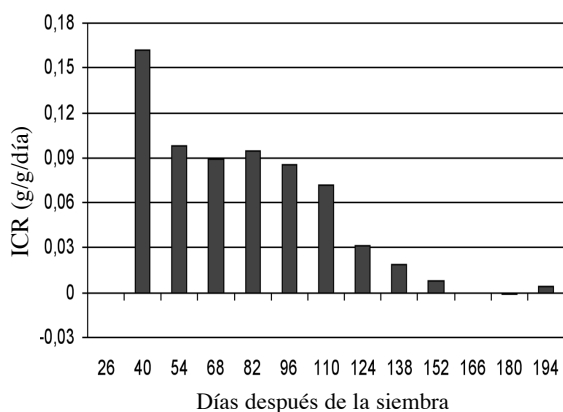


Figura 3. Índice de crecimiento relativo (g/g/día), en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivar UCR 589, durante su ciclo de cultivo. Alajuela, Costa Rica. 1995.

semillas, que a la vez compiten entre sí por asimilados. En esta fase, se incrementó progresivamente la biomasa del tejido estructural de la planta (tallos y ramas) y tejido no fotosintetizador como flores y

semillas; así como también, la tasa de respiración de órganos como las flores y los frutos. Por lo que, por un lado, la planta redujo el potencial de producir nuevo tejido asimilatorio y por otro, la relación de tejido estructural no activo en el crecimiento fue mayor respecto al tejido activo en crecimiento. Entre los 124 y 180 DDS, los frutos constituyeron el principal sumidero de las plantas. El crecimiento vegetativo (meristemos) fue muy reducido. En este período, la planta contó con una biomasa estructural no activa en el crecimiento muy grande (con una proporción creciente de células que no se dividieron en relación con las que sí lo hacen). Además, la tasa de respiración de la planta fue cada vez mayor y la fotosíntesis disminuyó por la misma senescencia de la planta; en consecuencia, también el ICR disminuyó.

Índice de Asimilación Neta (IAN)

Las variaciones en el índice de asimilación neta de las plantas se describen en el Cuadro 3 y la

Figura 4. En el período que va de los 40 a los 96 DDS (desde el inicio del ciclo hasta la máxima floración), las plantas empezaron con una magnitud cercana a los 0,0008 g/cm²/día de materia seca, para luego decrecer a los 54 y 68 DDS. La disminución podría deberse al estrés sufrido por las plantas, a consecuencia del transplante, el cual provocó una reducción de la eficiencia fotosintética del tejido foliar.

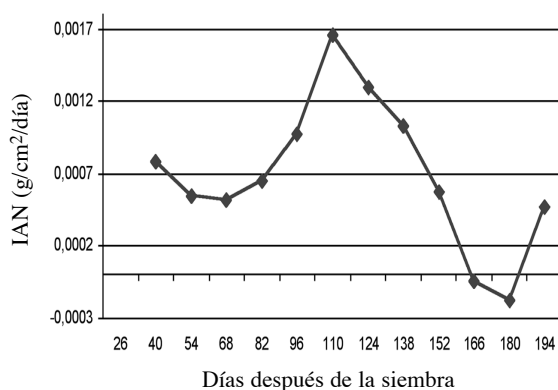


Figura 4. Índice de asimilación neta (g/cm²/día), en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cv. UCR 589, durante su ciclo de cultivo. Alajuela, Costa Rica. 1995.

A partir de los 68 DDS (inició la floración), el IAN aumentó paulatinamente hasta alcanzar un máximo a los 110 DDS (plantas con las mayores tasas de crecimiento de frutos), con un valor de 0,00166 g/cm²/día. Es importante observar que en los períodos próximos anteriores y posteriores a estas fechas las plantas poseen la mayor eficiencia para la producción de biomasa por unidad de área foliar.

El mayor incremento del IAN ocurrió en el intervalo de los 82 a los 110 DDS; en este periodo, las plantas presentaron el mayor crecimiento vegetativo y una tasa de crecimiento de fruta muy importante.

Bertsch (1995) consideró que para determinar épocas óptimas para la aplicación de fertilizante, es

importante que éstas coincidan con el momento de máxima eficiencia fotosintética, lo que garantiza el aprovechamiento de las potencialidades genéticas del cultivo. Por lo anterior, en un programa de fertilización (en una zona con condiciones climáticas similares a las registradas en este trabajo) se debe considerar los períodos de tiempo cercanos a los 82 y 110 DDS, para incluirlos como momentos claves en la aplicación de fertilizantes.

Después de los 110 DDS, los valores del IAN descendieron gradualmente, hasta un mínimo de -0,00018 g/cm²/día a los 180 DDS (final del ciclo). Las mayores tasas de reducción del IAN, se dieron de los 138 a 166 DDS.

Al respecto, Shibles (1987) señaló que la intensidad lumínica es uno de los factores predominantes en la fotosíntesis y por ende, influye en la producción de materia seca de la planta. Observando los datos de brillo solar (Cuadro 1) se aprecia que en el mes de agosto se presentó el valor más alto, a la vez, corresponde al momento en que las plantas alcanzan el mayor IAN 110 DDS. También se notó que entre los 124 a 180 DDS los valores del IAN decrecieron; este intervalo corresponde a los meses de setiembre y octubre, período en el cual, el brillo solar desciende. Por otro lado, Milthorpe y Moorby (1982), y Shibles (1987) mencionaron que el IAN disminuye al avanzar la ontogenia del cultivo. Esta disminución la relacionan entre otros factores con el sombreado de las hojas superiores sobre las inferiores, con la reducción de la capacidad fotosintética de las últimas hojas formadas, debido a su baja concentración de clorofila y niveles de proteínas solubles; así como, al menor estímulo de los sumideros sobre las fuentes de fotoasimilados. Shibles (1987) señala que la planta responde con una actividad fotosintética mayor cuando presenta sumideros importantes; a la vez indica que el efecto se mantiene en el tiempo conforme a la duración del sumidero (frutos).

Los valores del IAN aumentaron nuevamente a los 199 DDS, lo que implica incrementos en la actividad fotosintética de las plantas en un segundo

ciclo de crecimiento. Desde un punto de vista comercial, se podría pensar, que un segundo ciclo productivo sea factible, pues de acuerdo al valor creciente del IAN, a los 194 DDS, las plantas no mostraron signos de agotamiento.

Indice de Area Foliar (IAF)

El IAF de las plantas mostró una tendencia creciente desde el inicio del ciclo, hasta los 138 DDS (Cuadro 3; Figura 5). Durante los primeros 68 DDS (plantas con las primeras flores), los incrementos fueron pequeños; luego pasó a una etapa de rápido crecimiento del área foliar hasta los 110 DDS. En este período, la planta mostró el crecimiento vegetativo más importante y una de las mayores tasas de formación y crecimiento de frutos. De los 110 hasta los 138 DDS (inicio de la segunda floración), la tasa de incremento del IAF se redujo gradualmente, hasta alcanzar su valor máximo a los 138 DDS. En la etapa final del primer ciclo de crecimiento hasta los 166 DDS, se observó un descenso importante en el IAF, como producto especialmente de una fuerte translocación de fotoasimilados, proteínas y nutrientes del follaje hacia los frutos y la senescencia de gran parte del follaje. El aumento en el IAF, a partir de los 166 DDS mar-

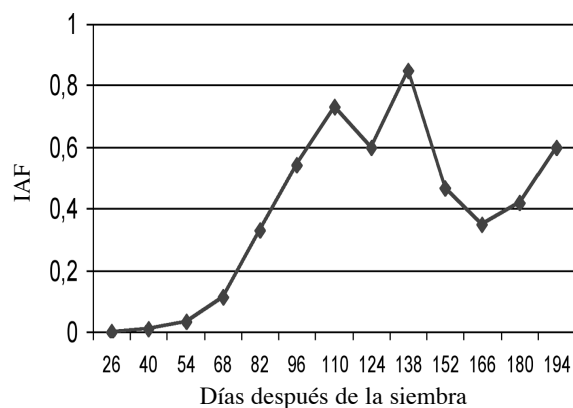


Figura 5. Índice de área foliar (cm^2/cm^2), en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivar UCR 589 durante su ciclo de cultivo. Alajuela, Costa Rica. 1995.

có el inicio de un segundo ciclo de crecimiento de la planta.

La merma en el IAF a los 124 DDS, se podría atribuir a la pérdida de follaje a consecuencia del agotamiento sufrido en la planta, debido a la intensa fructificación, así como, a la pérdida de follaje debido a un moderado ataque de la mancha bacteriana *Xanthomonas* sp, enfermedad que se favoreció con las altas precipitaciones que ocurrieron los días anteriores, durante el mes de agosto (Cuadro 1).

En el periodo entre los 96 y los 166 DDS la planta presentó simultáneamente valores altos del IAF y del IAN. Esta condición es un indicativo de una alta eficiencia y de un buen balance entre la arquitectura de la planta y la densidad de siembra utilizada (poca competencia intraespecífica o autosombreo). Al respecto Rylski (1986) indicó que a una determinada densidad de siembra, a medida que las plantas crecen aumenta el IAF, pero la eficiencia del área de cultivo disminuye probablemente a consecuencia del autosombreo. Por su parte, Ascencio (1972) mencionó que, conforme aumenta el número y tamaño de las hojas, aumenta el IAF. Asimismo, la absorción de luz y la tasa de producción de materia seca también se incrementan dentro de ciertos límites, en los cuales, el autosombreo puede transformarse en un factor limitante para el crecimiento del cultivo. En adición, Shibles (1987), mencionó que una planta, en éste caso el chile UCR 589, puede presentar una alta productividad cuando presenta un coeficiente de extinción de luz bajo en presencia de un IAF alto. Con un bajo coeficiente de extinción de luz, habrá mayor penetración de la luz dentro del dosel del cultivo y por ende, una mayor eficiencia fotosintética de las plantas.

Razón de Area Foliar (RAF)

La RAF es uno de los principales parámetros morfológicos utilizado para evaluar la relación entre el área foliar (sistema asimilatorio) y el peso seco total de la planta.

De acuerdo al Cuadro 3, el máximo valor ($297,90 \text{ cm}^2/\text{g}$) se presentó al inicio del desarrollo de la planta; luego tendió a decrecer en forma paulatina hasta el final del ciclo .

Los altos valores observados al inicio del ciclo se pueden asociar con una estrategia de sobrevivencia de las plantas para captar y procesar mejor la energía solar, lo cual es necesario para establecerse rápidamente en el campo después del trasplante. La tendencia decreciente de la RAF se puede explicar, considerando el incremento en biomasa de la planta durante el ciclo de crecimiento, el cual proviene principalmente del incremento en peso de órganos como los frutos.

Razón de Peso Radical (RPR)

La RPR es un parámetro morfológico, referido a la distribución de la biomasa en la planta, en este caso, a la relación del peso radical respecto del peso total de la planta.

En el Cuadro 3, se presentan los valores para este índice . En la etapa inicial, hasta los 40 DDS, se dieron valores de RPR crecientes. Se puede indicar, que al inicio la planta invirtió más reservas en el desarrollo de su sistema radical (principal sumidero del momento), mientras que la parte aérea mostró un menor crecimiento. Al respecto, Schoch (1980), señaló que en las plantas de chile, al inicio se observa un lento crecimiento de la parte aérea mientras el sistema radical continúa con su desarrollo. Además, expresó que la etapa de plántula termina cuando la tasa de crecimiento de la raíz pivotante empieza a disminuir. Observando los datos relacionados con el crecimiento de la raíz, en los Cuadros 2 y 3, se puede determinar que la duración de la etapa de plántula , correspondió al período entre la emergencia (10 DDS) y los 54 DDS aproximadamente (plantas con menos de 10 a 13 hojas, algunas con una bifurcación pequeña del tallo).

Bajo las condiciones en que se realizó este trabajo, se puede señalar que a los 40 DDS (plantas

con cuatro a seis hojas verdaderas) se presentó el valor de RPR más alto. A partir de los 54 DDS las tasas de incremento en el peso de la raíz fueron menores; mientras que. las de la parte aérea, comenzó a aumentar (Cuadros 2 y 3). Así entonces, para efectos prácticos, se puede señalar que el momento idóneo para realizar el trasplante del almácigo al campo, sería en una fecha cronológica próxima y anterior a los 40 DDS, cuando las plantas del almácigo presenten de 4 a 6 hojas verdaderas.

Razón de Peso Comercial (K)

En el Cuadro 3, se presenta el comportamiento de este índice, durante el ciclo del cultivo. De los 0 hasta los 68 DDS, el valor de K es cero, pues la fructificación no ha comenzado. A partir de los y 68 DDS y hasta los 124 DDS, el valor de K crece en forma acelerada con las mayores tasas de incremento en el período de los 82 a los 110 DDS . El valor máximo de K ($0,825 \text{ g/g}$) se observó a los 124 DDS, y significa, que un 82,5 % del peso seco total de la planta, correspondió al peso de los frutos.

Conclusiones:

La planta de chile dulce cv. UCR 589 presentó una curva de crecimiento sigmoideal. La distribución de la biomasa está ligada a la fenología de la planta, especialmente a la floración y a la fructificación.

En general, se presentan tres etapas fenológicas: en la primera, la biomasa se distribuye entre el tallo, las hojas y la raíz. En la segunda, la biomasa de las secciones mencionadas disminuye y se incrementa la de las flores y frutos. En la tercera, la distribución de la materia seca en la planta alcanzada al final de la etapa anterior, permanece relativamente constante hasta el final del ciclo.

La planta invierte más fotoasimilados hacia la producción de frutos que hacia la parte vegetativa. El máximo IAN, coincide con la fase de rápido crecimiento del fruto.

La planta, reduce el crecimiento vegetativo cuando inicia la fructificación, especialmente cuando los frutos presentan las mayores tasas de crecimiento.

LITERATURA CITADA

- ACHHIREDDY, N.R.; FLETCHER, J.S.; BEEVERS, L. 1982. The influence of shade on the growth and nitrogen assimilation of developing fruits on bell pepper. *Hortscience* 17. 635:637.
- ASCENCIO, J. 1972. Análisis del crecimiento y eficiencia fotosintética del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. "Turrialba 4" cultivado en solución nutritiva. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 98p.
- BERTSCH, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica. 157 p.
- 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.
- JIMENEZ, A. 1992. Curva de crecimiento y absorción de nutrientes en chile picante, variedad Cayenne criollo. San José, Costa Rica. CINDE. Mimeografiado.
- JIMENEZ, J.; DIMASI, S.; BUSTAMANTE, E.; JIMENEZ, F. 1990. Caracterización y patogenicidad de bacterias asociadas con el ataque de *Neosilba* sp. (*Diptera Lonchaeidae*) en chile dulce. MIP (C.R.). N° 16: 12-18.
- MILTHORPE, F.; MOORBY, J. 1982. Introducción a la fisiología de los cultivos. Hemisferio Sur. Traducido por H. GONZALEZ. Buenos Aires, Argentina. 259 p.
- MIRANDA, D. 1994. Análisis del crecimiento y de la absorción de nutrimentos en chile jalapeño (*Capsicum annuum*) en Guanacaste. Tesis. Ing. Agr. Escuela de Fitotécnia. Facultad de Agronomía. Sede regional de Guanacaste. Universidad de Costa Rica. 74 p.
- RADFORD, P. 1967. Growth analysis formulae, Their use and abuse. *Crop Science* 7(3):171-175.
- RYLSKI, I. 1986. Pepper (*Capsicum annuum*) In: Handbook of fruit set and development. CRC. UK. p. 341-353.
- SCHOCH, P. G. 1980. Influence of air temperature and humidity during the vegetative growth on some structural characteristics of the leaf of *Capsicum annuum* L. In: Caribbean Food Crops Society. Annual Meeting (9, 1980, Georgetown, Guyana). Proceedings. Mayaguez, P. R. p. 56-63.
- SHIBLES, R. 1987. Crop Physiology. Iowa, USA, Iowa State University. 214 p.
- STEER, B.T.; PEARSON, C.J. 1976. Photosynthate translocation in *Capsicum annuum*. *Planta*. 128. 155:162.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 1991. Plant Physiology. California, USA, Benjamin Cummings Publishing. 565 p.