

DESARROLLO Y CALIDAD DE INFLORESCENCIAS DE *Antirrhinum majus* L. CULTIVADOS EN INTEMPERIE

J. A. Reyes-Montero¹; J. A. Gutiérrez-Espinosa¹;
E. García-Villanueva¹; J. A. Carrillo-Salazar²;
J. M. E. Aguilar-Luna³; E. A. Gaytán-Acuña¹

¹Recursos Genéticos y Productividad, Fruticultura, Colegio de Postgraduados,
Campus Montecillo. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México.
C. P. 56230. MÉXICO. Correo-e: egarciav@colpos.mx (¹Autor responsable).

²Fisiología Vegetal, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.
Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

³El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Quintana Roo. C. P. 77900. MÉXICO.

RESUMEN

La producción de flor de *Antirrhinum majus* L. ("perrito") se realiza comúnmente en condiciones de invernadero usando cultivares tradicionales. Con el presente estudio se averiguó si la producción a la intemperie con calidad comercial es posible en las condiciones ambientales del oriente del Estado de México, específicamente en Montecillo municipio de Texcoco. Para ello, fue diseñado un experimento en el que dos factores: 1) época o fecha de cultivo: otoño-invierno 2006 y primavera-verano 2007 y 2) cultivares de *A. majus* L.: 'Plumblossom' y 'Orange' de la Serie Potomac, y 'Bronze' y 'Red' de la Serie Rocket. Estos fueron evaluados en un diseño experimental de bloques al azar. La densidad de plantación fue de 80 plantas·m⁻². Para alcanzar la madurez comercial, los cultivares de la serie Potomac en el ciclo otoño-invierno requirieron menor acumulación de grados día desarrollo (1,254 °C·día⁻¹) que los de la serie Rocket (1,727 °C·día⁻¹). Por lo tanto, fueron más eficientes en el uso de la radiación que los cultivares de la serie Rocket (0.61g biomasa·MJ⁻¹ contra 0.36 g biomasa·MJ⁻¹, respectivamente). Los cultivares de la serie Potomac obtuvieron mayor biomasa fresca (137 g), longitud de tallo (100 cm) e índice de calidad (1.35 g·cm⁻¹). Además, el 70 % de los tallos de los cultivares 'Plumblossom' y 'Orange' fueron de calidad especial, la más alta para esta especie. El comportamiento de los cultivares de ambas series fue similar en el ciclo primavera-verano, aunque se acumuló menor biomasa seca, número de hojas y días a cosecha que en otoño-invierno. Por lo tanto, los cultivares de la serie Potomac alcanzaron mejor desarrollo en ambos ciclos de cultivo, y emitieron inflorescencias con mayor calidad comercial que los cultivares de la serie Rocket. Por lo que son sugeridos para cultivarlos en condiciones parecidas a las del estudio.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Serie Potomac, serie Rocket, eficiencia en el uso de la radiación, grados día, biomasa.

DEVELOPMENT AND QUALITY OF INFLORESCENCES OF *Antirrhinum majus* L. PRODUCED IN FIELD CONDITIONS

SUMMARY

The flower production of *Antirrhinum majus* L. ("snapdragon") is commonly carried out in greenhouse conditions using traditional cultivars. In the present paper we shown that it is possible the production of *A. majus* L. in the field conditions of the east of the State of Mexico municipality of Texcoco with commercial quality. In order to know that, it was designed an experiment in which: the 1) epoch or date of cultivation: autumn-winter 2006 and spring-summer 2007 and 2) four cultivars of *A. majus* L.: 'Plumblossom' and 'Orange' Potomac series and 'Bronze' and 'Red' Rocket series; were the two factors of an experimental design of randomized blocks. The population density was 80 plants·m⁻². The cultivars of the Potomac series in the cycle autumn-winter need less accumulation of development day degrees (1,254 °C·día⁻¹) to reach the commercial maturity than the series Rocket (1,727 °C·día⁻¹). Therefore, they were more efficient in the use of the radiation than the series Rocket (0.61g biomasa·MJ⁻¹ and 0.36 g biomasa·MJ⁻¹ respectively). The cultivars of the Potomac series obtained greater fresh biomass (137 g), length of stem (100 cm) and quality index (1.35 g·cm⁻¹). In addition, 70 % of the stems of its cultivars 'Plumblossom' and 'Orange' were of "special" quality, the highest one for this species. The behavior of the cultivars of both series was similar in the cycle spring-summer. Although in autumn-winter the dry biomass accumulated,

the leaf number and the days to crop were smaller. It is concluded that the cultivars of the series Potomac reached better development in both cycles of cultivation, and produced inflorescences with greater commercial quality than the cultivars of the series Rocket. Therefore, they would be cultivated in similar field conditions to present study.

ADDITIONAL KEY WORDS: Series Potomac, series Rocket, radiation use efficiency, day-degree, biomass.

INTRODUCCIÓN

La floricultura en el Estado de México es una actividad rentable, genera alrededor del 20 % del valor de la producción agrícola, ya que supera a otros cultivos como frutas, hortalizas y granos en su valor individual. La superficie cultivada de flor de corte, en el país, es alrededor de 14,000 ha; 90 % al cultivo en intemperie y 10 % restante al protegido (SEDAGRO, 2004b). En intemperie sobresalen: clavel (*Dianthus caryophyllus*), crisantemo (*Chrysanthemum* sp.), nardo (*Polianthes tuberosa*) y girasol (*Helianthus annuus*), entre otras, que son especies comercializadas y consideradas como cultivos tradicionales. Sin embargo, actualmente el mercado empieza a demandar especies como Rosa (*Rosa* spp.), gerbera (*Gerbera* sp.), lilis (*Lilium longiflorum*), solidago (*Solidago* sp.), áster (*Aster chinensis*), lisiantus (*Eustoma grandiflorum*), orquídea (*Phalaenopsis* spp.), alcatraz (*Zantedeschia aethiopica*), gypsófila (*Gypsophila paniculata*), y flor de perrito (*Antirrhinum majus*), entre otras (SEDAGRO, 2004a).

A. majus L., se distingue como alternativa potencial para la industria florícola, su producción comercial es en condiciones de invernadero, como planta de jardín y en contenedor. Se cultiva principalmente en el Distrito Federal y los estados de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla y Querétaro. Se han detectado problemas en producción por la falta de conocimiento en el uso apropiado de los cultivares disponibles, su comportamiento en otras condiciones ambientales, así como la información prácticamente inexistente (Miranda y Gutiérrez, 2005). La floricultura representa la cuarta parte de la derrama económica del campo mexiquense. Ocupa 5,500 hectáreas y su comercialización representa un valor aproximado de 3,000 millones de pesos anuales (SAGARPA, 2007).

El cultivo de la flor de perrito en invernadero permite cortes durante todo el año. Por la disponibilidad de cultivares, con diferentes exigencias ambientales, es posible cultivarlos en ciclos consecutivos. Los cultivares de los grupos I y II toleran temperaturas bajas por la noche y menor intensidad de luz (condiciones de otoño-invierno en regiones templadas); mientras que los cultivares de los grupos III y IV soportan y requieren mayor intensidad de luz y temperatura para lograr inflorescencias de calidad comercial (condiciones de primavera-verano en regiones templadas) (Cockshull, 1985). Con la propagación en invernadero se busca su desarrollo óptimo y la estrategia está orientada a obtener mayor productividad, así como dar mejor uso y manejo a estos recursos (Ruckelhauss, 1989); no obstante, el empleo de infraestructura tecnificada y equipos especializados elevan los costos de producción (Hammer,

2003; Shang *et al.*, 2003). La producción de *A. majus* en intemperie es posible debido a la existencia de variedades de calidad comercial para la producción de inflorescencias de corte (Raulston, 1970) a menor costo comparado con el cultivo protegido (Hammer, 2003; Shang *et al.*, 2003). La elevada exposición al ambiente y su poca manipulación condiciona el éxito de este cultivo (Starman *et al.*, 1995; Hammer, 2003), ya que influye sobre el desarrollo, la programación y la duración de este (Raulston, 1970). La energía lumínica impacta en el crecimiento, lo que se expresa en el tamaño y en el peso final alcanzado por las inflorescencias (Munir *et al.*, 2004a y b). La temperatura se relaciona directamente con la velocidad del crecimiento (Khattak y Pearson, 2005).

Starman *et al.* (1995) indicaron que existe variabilidad entre cultivares de la serie Rocket: 'Bronze', 'Pink' y 'White' por consecuencia de la luz y de la temperatura incidentes y poco se conoce de los efectos específicos de estos factores en el desarrollo de las inflorescencias con calidad comercial en diferentes épocas de cultivo. La presente investigación se realizó con el fin de evaluar en dos ciclos sucesivos, la fecha de cultivo y el desarrollo de cuatro cultivares de *Antirrhinum majus* L. cultivados en intemperie.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en los ciclos: otoño-invierno (O-I) de 2006 y primavera-verano (P-V) de 2007, en Montecillo municipio de Texcoco, Estado de México, a una altitud de 2,250 m. El clima en esta región es templado sub-húmedo [Cb(w1)(w)(i)], con veranos frescos y largos, régimen de lluvias en verano y precipitación anual de 691.5 mm, el porcentaje de lluvia invernal es menor al 5 %. La temperatura media anual es de 15.9 °C, con escasa oscilación térmica (García, 1988). El suelo tiene texturas medias y colores pardos, que están sobre otros de color negro, saturados con agua; ricos en materia orgánica, con altos contenidos de sales y sodio, tienen problemas de drenaje y son alcalinos (Cachón *et al.*, 1974).

Las plántulas de *Antirrhinum majus* L. que se emplearon provinieron de semillas de cuatro cultivares con diferente respuesta a floración; dos híbridos para producción en intemperie de la serie Rocket® ('Bronze' y 'Red') y dos híbridos para invernadero de la serie Potomac® ('Orange' y 'Plumblossom').

La siembra tanto en otoño-invierno como en primavera-verano se realizó en charolas de 128 cavidades colocando dos semillas por cavidad con sustrato Promix PGX®, en

condiciones de invernadero para la germinación. El transplante a intemperie fue después de la emergencia de los dos primeros nomófilos (37 días después de la siembra) en camas de 1 x 8 m. La densidad de plantación fue de 80 plántulas por m². Se fertilizó cuatro veces por semana a través del agua de riego a la dosis de 250 mg·litro⁻¹ de la fórmula 20-20-20. Cuando la planta alcanzó 20 cm de altura se instaló una malla plástica con cuadrícula de 12.5 x 12.5 cm como tutores. El control de malezas fue manual. Se aplicó Endosulfan y Diazinon (1.5 ml·litro⁻¹) para el control de plagas como áfidos (*Myzus persicae*) y larvas de lepidóptera (*Stenoptilodes antirrhina*) y Azoxystrobin (2 g·litro⁻¹) para el control de enfermedades como roya (*Cercospora antirrhina*). El índice de cosecha de los tallos florales se determinó cuando las dos terceras partes de las flores basales de la inflorescencia (14 ramilletes aprox.) estaban en anthesis (según la Sociedad de Floristas Americanos, SAF).

Las variables respuesta evaluadas fueron: 1) tiempo de germinación, contabilizado desde la siembra hasta la emergencia de las plantas, cuando las plantas tuvieron un par de nomófilos o 5 cm de altura; 2) iniciación floral, mediante estudios anatómicos según lo descrito por Maginnes y Langhans (1964); 2a) para detectar el momento de iniciación floral se colectaron al azar cinco yemas apicales de 2 cm de longitud cada 10 días, durante tres meses en otoño-invierno y por dos meses en primavera-verano; 2b) para determinar el tiempo se registraron los días a partir de la siembra y del transplante.

Los caracteres cuantitativos se tomaron a la cosecha a 20 inflorescencias por parcela experimental; 3) el número de hojas (núm.) fue por conteo directo de hipsófilos maduros o bracteas; 4) la longitud del escapo (cm) se midió desde la base del tallo, próxima al braquiblasto vegetativo, hasta el ápice de la inflorescencia; 5) longitud de la inflorescencia (cm) desde el primer nudo floral, hasta su ápice; 6) número de flores en anthesis, (núm.); 7) peso fresco total (g), peso de tallo megablástico vegetativo (basal), más el escapo de la inflorescencia (apical), 8) peso seco (g) los tallos se secaron por 48 h en estufa a 70 ± 2 °C; 9) días a cosecha, fueron contabilizados a partir de la siembra y del transplante; 10) índice de calidad, se obtuvo de la relación entre biomasa fresca y longitud de tallo (g·cm⁻¹); 11) la calidad comercial fue considerada con base en los estándares establecidos por la Sociedad de Floristas Americanos (SAF) (Pan American Seeds Co., 1998); 12) se registraron las temperaturas máximas y mínimas diarias del aire así como la radiación global diaria, con estos datos se calcularon los grados día de desarrollo y la acumulación diaria de luz. Los grados días de desarrollo (gdd) se obtuvieron por el método residual, con la ecuación $gdd = (T_{max} + T_{min})/2 - T_b$, donde T_{max} y T_{min} son las temperaturas máximas y mínimas del aire y T_b es la temperatura base (4 °C) (Jenni *et al.*, 1996). La acumulación diaria de luz que se logró con los registros diarios de radiación global y con el Programa

Curve Expert Versión 1.31, Copright® Hyams, 1995-1996, se ajustó a una función mediante interpolación y se generó una curva.

La eficiencia en el uso de la radiación (EUR) se calculó con base en la cantidad de biomasa producida por unidad de radiación solar interceptada (Rosenthal y Gerik, 1991) requeridos para lograr la iniciación a floración y madurez comercial del cultivo *Antirrhinum majus* L.

El diseño empleado fue un bloques al azar, para obtener algún control de la pendiente del terreno y del sombreado de árboles cercanos. Los tratamientos fueron las combinaciones de los niveles de dos factores (4 cultivares X 2 ciclos, periodos o fechas de producción). Se evaluaron 20 plantas centrales (con competencia completa y evitando el efecto del borde u orilla), por parcela, cada planta constituyó una unidad experimental. Los resultados fueron analizados mediante el paquete SAS (1998). Se hizo un análisis de varianza y una prueba de Tukey para la comparación de medias ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS

Ambiente de desarrollo. Los niveles de luz y temperatura alcanzaron los registros más altos en el ciclo primavera-verano con un promedio de 22 MJ·m⁻²·d⁻¹ y entre 13.7 y 20.5 °C de temperaturas medias nocturna y diurna respectivamente, mientras que la radiación solar existente en el ciclo otoño-invierno fue de 17 MJ·m⁻²·d⁻¹ con temperaturas de 9.9 y 16.4 °C de la misma manera respectiva. Según esto, que hubo diferencias en las condiciones de luz y temperatura entre ciclos y los cultivares de ambas series alcanzaron la madurez comercial; sin embargo, los de la serie Potomac lograron inflorescencias con calidad "Especial", la más alta para esta especie según la Sociedad de Floristas Americanos.

Desarrollo del cultivo de las series Potomac y Rocket

Germinación. Los días a germinación de los cultivares de la serie Potomac y de la Rocket no mostraron diferencias significativas cuando se desarrollaron en otoño-invierno o primavera-verano (Cuadro 1). Sin embargo, en el ciclo otoño-invierno, los cultivares de ambas series tardaron dos días más para lograr la germinación, que en primavera-verano (Cuadro 1). Los cultivares de ambas series de *Antirrhinum majus* L., mostraron respuesta diferente desde esta fase, debido a las características intrínsecas de los genotipos a pesar de que las condiciones en invernadero fueron similares durante cada ciclo de cultivo.

Los análisis estadísticos ortogonales comparando ambos periodos de cultivo por variable mostraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$) para todas las variables excepto para la biomasa fresca y para la longitud de la inflorescencia y el número de flores producidas en cada

una. Estos caracteres son más conservadores genéticamente y poco dependientes de la influencia ambiental (datos no mostrados).

Iniciación a floración (IF) en días después de la siembra (DDS) y después del transplante (DDT). La temperatura media diaria durante el período de desarrollo del cultivo fue de 9.3 °C en otoño-invierno y 13.7 °C en primavera-verano. En la serie Rocket, los híbridos evaluados mostraron la iniciación floral 149 días después de la siembra, mientras que en la serie Potomac se requirieron 136 días, durante el ciclo otoño-invierno. En el ciclo primavera-verano la diferenciación floral se detectó en la serie Potomac a los 80 días y en la serie Rocket a los 88 (Cuadro 1). Los cuatro cultivares requirieron 32 % menos días después de la siembra durante primavera-verano que durante otoño-invierno para que ocurriera este evento.

La serie Rocket necesitó 112 DDT en el ciclo otoño-invierno y 51 en el de primavera-verano. En contraste, los cultivares de la serie Potomac requirieron 99 y 44 días, respectivamente; así, en el ciclo primavera-verano la iniciación floral requirió de un 55 % menos de tiempo en ambas series que en otoño-invierno (Cuadro 1).

Con base en el estudio anatómico de yemas apicales, la iniciación floral de *Antirrhinum majus* L., se basa en el paso del estado vegetativo al reproductivo. El meristemo de la yema vegetativa se distingue por su domo redondeado, filotaxia opuesta y producción de nomófilos. La yema floral se caracteriza por pubescencia, externa, domo del meristemo apical aplanado, y filotaxia alterna mayores hipsófilos (Buban y Faust, 1982 y Lyndon y Battey, 1985). En este sentido, Esau (1977) mencionó que el meristemo apical sufre cambios morfológicos cuando entra en estado reproductivo, como la aparición de apéndices modificados después de que el crecimiento indeterminado del estado vegetativo cesa; enseguida el meristemo apical crece hacia arriba y hacia los lados. Caso contrario durante el desarrollo de la flor el área del meristemo apical gradualmente disminuye conforme las partes florales se forman.

Número de hojas (NH). En el ciclo otoño-invierno, el cultivar 'Plumblossom' de la serie Potomac formó menos hojas (65) que los cultivares de la serie Rocket (70) (Cuadro

2). En primavera-verano, los cultivares 'Orange' (serie Potomac) y 'Bronze' (serie Rocket) fueron iguales con 51 hojas emitidas en promedio, mientras que los cultivares 'Plumblossom' (Potomac) y 'Red' (Rocket) formaron 43 y 36 hojas, respectivamente (Cuadro 2). En primavera-verano se formó un mayor número de hojas que en otoño-invierno (datos no mostrados).

Longitud total del tallo floral (tallo vegetativo megablástico (basal) más escapo, LTT). En el ciclo otoño-invierno, la longitud del tallo floral de 'Plumblossom' superó estadísticamente a las de 'Orange' de la misma serie y a las de 'Red' y 'Bronze' de la Rocket (Cuadro 2). Con respecto del ciclo primavera-verano, la longitud de 'Orange' (96.5 cm) y 'Plumblossom' (96.7 cm) de la serie Potomac fueron iguales estadísticamente, pero fueron diferentes a las de los cultivares 'Bronze' (75.7 cm) y 'Red' (73.5 cm) de la serie Rocket (Cuadro 2).

Longitud de inflorescencia (largo del escapo, LI). En el ciclo otoño-invierno, la inflorescencia de los cultivares 'Orange' y 'Plumblossom' de la serie Potomac fueron similares, pero diferentes de 'Bronze' y 'Red' de la serie Rocket. En la siembra de primavera-verano la longitud de inflorescencias de 'Orange' y 'Plumblossom' (serie Potomac) fueron iguales entre sí, mientras que 'Bronze' y 'Red' (serie Rocket) fueron similares entre sí (Cuadro 2), mostraron menor longitud que la Potomac. Estos resultados muestran que al alargarse el ciclo de cultivo en otoño-invierno, la planta formó un mayor número de hojas y tallos más largos que permitieron formar inflorescencias más largas y esto fue más notorio en la serie Potomac (datos no mostrados).

Número de flores abiertas (FA). El cultivar 'Orange' de la serie Potomac, superó ($P \leq 0.05$) a los demás cultivares en ambos ciclos de cultivo con 18 flores abiertas en su inflorescencia al momento de alcanzar el punto de madurez, (Cuadro 2). El cultivar 'Plumblossom' de la serie Potomac tuvo más flores abiertas que los cultivares de la serie Rocket sólo durante el ciclo de cultivo primavera-verano. Ambos cultivares de la serie Rocket tuvieron en el ciclo otoño-invierno, el menor promedio por cultivar (Cuadro 2).

Biomasa fresca total (BFT). Los cultivares 'Orange' y 'Plumblossom' de la serie Potomac fueron sobresalientes

CUADRO 1. Tiempo necesario para la germinación y para la iniciación a floración en *Antirrhinum majus* L. observados en dos ciclos sucesivos de cultivo.

Serie	Cultivar	Germinación (DDG)		Iniciación a Floración (DDS)		Iniciación a Floración (DDT)	
		Oto	Pri	Oto	Pri	Oto	Pri
Rocket	'Bronze'	8 a	6 a	150 a	89 a	113 a	52 a
	'Red'	8 a	6 a	148 b	87 a	111 a	50 a
Potomac	'Orange'	7 a	5 a	140 c	81 b	103 c	44 b
	'Plumblossom'	7 a	5 a	132 d	80 b	95 d	43 b

Oto=Ciclo Otoño/Invierno 2006 y Pri=Ciclo Primavera/Verano 2007. DDG= Días después de germinación; DDS= Días después de la siembra; DDT= Días después de transplante. Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

CUADRO 2. Variables de desarrollo en la producción de perrito (*Antirrhinum majus* L.) de corte en diferentes épocas de cultivo a la intemperie.

Serie/Cultivar	Biomasa fresca (g) BFT		Biomasa seca (g) BST		Longitud de tallo (cm) LTT		Longitud de inflorescencia (cm) LI	
	O-I	P-V	O-I	P-V	O-I	P-V	O-I	P-V
Rocket								
'Bronze'	67.5 b ^z	100.9a	15.2a	14.2a	89.3b	75.7b	21.2b	22.0b
'Red'	72.8 b	58.4b	13.1a	8.6b	97.1ab	73.5b	20.7b	21.5b
Potomac								
'Orange'	156.6a	80.8ab	18.8a	11.9ab	98.4ab	96.5a	26.3a	25.5a
'Plumblossom'	117.6a	80.6ab	14.5a	12.2ab	103.1a	96.7a	26.6a	26.0a
	Hojas o hipsófilos (número) NH		Flores (número) FA		Madurez comercial (días) DM		Índice de calidad IC	
	O-I	P-V	O-I	P-V	O-I	P-V	O-I	P-V
Rocket								
'Bronze'	69.5a	51.5a	11.5b	11.0c	182a	94a	0.76c	1.33a
'Red'	70.5a	36.5c	11.5b	10.0c	181a	82c	0.75c	0.79b
Potomac								
'Orange'	70.0a	52.0a	18.5a	18.0a	139b	87b	1.59a	0.83b
'Plumblossom'	65.0b	43.0b	13.5b	15.0b	135b	75d	1.12b	0.83b

O-I=Ciclo Otoño-Invierno 2006; P-V=Ciclo Primavera-Verano 2007. ^zValores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una ($P \leq 0.05$).

durante el ciclo otoño-invierno al mostrar 156.6 g y 117.6 g de materia fresca producida, respectivamente. Y ambos superaron ($P \leq 0.05$) a los cultivares 'Bronze' (67.5 g) y 'Red' (72.8 g) de la serie Rocket (Cuadro 2). En el ciclo primavera-verano el cultivar 'Bronze' de la serie Rocket superó en biomasa fresca con 42.1 g al cultivar 'Red' de la misma serie y con 20.2 g a los cultivares 'Orange' y 'Plumblossom' de la serie Potomac (Cuadro 2).

Biomasa aérea seca total (BST). Los promedios de biomasa seca obtenidos por cultivar de las series evaluadas señalaron que durante el ciclo otoño-invierno no hubo diferencias significativas entre cultivares (Cuadro 2). En tanto que en el ciclo P-V, los cultivares sobresalientes en orden de importancia fueron el cultivar 'Bronze' de la serie Rocket (14.2 g), 'Plumblossom' (12.2 g) y Orange (11.9 g) de la serie Potomac, los cuales lograron la mayor producción de biomasa seca y por último el cultivar 'Red' de la serie Rocket con 8.6 g; por lo que existe una tendencia con base en una mayor producción de biomasa fresca, mayor acumulación de biomasa seca. En general, los cultivares mostraron mayor producción (23 %), de biomasa seca total en otoño-invierno que en primavera-verano.

Días a madurez comercial (DM) después del trasplante. En otoño-invierno se observaron dos grupos con igualdad estadística ($P \leq 0.05$); el primero pertenece a los cultivares de la serie Rocket, los cuales requirieron más tiempo a madurez comercial con 181 días desde el trasplante, en comparación con los cultivares de la serie Potomac que requirieron 137 días desde trasplante (Cuadro

2). En primavera-verano, el cultivar 'Bronze' de la serie Rocket fue el que requirió más días a madurez comercial después del trasplante (94 días); mientras que el cultivar 'Plumblossom' de la serie Potomac, fue el más precoz al lograr su madurez comercial con 74.5 días (Cuadro 2).

Índice de calidad (IC). Con base en la clasificación de la Sociedad Americana de Floristas sobre la calidad comercial de las inflorescencias de *Antirrhinum majus* L., el cultivar 'Orange' de la serie Potomac fue el sobresaliente con 100 y 95 % de las inflorescencias en ambos ciclos de cultivo, con calidad "Especial", que es la más alta para esta ornamental (Cuadro 3). El IC para este cultivar fue de 1.59 g biomasa fresca-cm de tallo⁻¹ en el ciclo otoño-invierno y 0.83 g en primavera-verano obteniendo los índices más altos de calidad para esta especie en ambos ciclos (Cuadro 2). El cultivar 'Red' de la serie Rocket fue el que produjo tallos florales de menor calidad al obtener entre 7 y 12 % con calidad "Primera", en ambos ciclos (clasificación más baja para esta especie); sin embargo, en el ciclo primavera-verano logró mantener el IC más alto con 1.34 g biomasa fresca-cm de tallo⁻¹ respecto a los otros cultivares (Cuadro 3).

Grados días de desarrollo (GDD), acumulación diaria de radiación solar (ADL) y eficiencia en el uso de la radiación (EUR) en el desarrollo de perrito (*Antirrhinum majus* L.). Respecto a las condiciones ambientales durante el ciclo otoño-invierno, para lograr la iniciación floral, los cultivares de la serie Potomac requirieron 589 °C·día⁻¹ y 965 MJ·m⁻², con 44 % °C·día⁻¹ y 46 % MJ·m⁻² menos que los cultivares de la serie Rocket que

CUADRO 3. Calidad comercial en perrito (*Antirrhinum majus* L.) de corte [de acuerdo con la Sociedad de Floristas Americanos (SAF)] en diferentes épocas de cultivo a la intemperie.

Serie/Cultivar	Índice de calidad SAF (% Tallos)							
	Especial		Sofisticada		Extra		Primera	
	O-I	P-V	O-I	P-V	O-I	P-V	O-I	P-V
Rocket								
‘Bronze’	-	-	37	28	63	67	-	5
‘Red’	-	-	58	25	35	63	7	12
Potomac								
‘Orange’	100	95	-	5	-	-	-	-
‘Plumblossom’	38	58	50	42	12	-	-	-

O-I=Ciclo Otoño/Invierno 2006; P-V=Ciclo Primavera/Verano 2007.

obtuvieron 1041 °C·día⁻¹ y 1,773 MJ·m⁻² (Cuadro 4); en primavera-verano los cultivares de la serie Potomac necesitaron 562 °C·día⁻¹ y 921 MJ·m⁻² con una diferencia de 17 % °C·día⁻¹ y 16 % MJ·m⁻² con respecto a los Rocket que requirieron 685 °C·día⁻¹ y 1107 MJ·m⁻² (Cuadro 4).

Para alcanzar la madurez comercial en la época otoño-invierno se acumularon 1,728 °C·día⁻¹ y 3,085 MJ·m⁻² para la serie Rocket mientras que para la serie Potomac fueron 1,255 °C·día⁻¹ y 2,169 MJ·m⁻² con diferencia de 473 °C·día⁻¹ y 916 MJ·m⁻² menor que los de la serie Rocket (Cuadro 4). En este ciclo, la temperatura media fue de 9 °C y se acumularon 16.5 MJ·m⁻² de radiación solar incidente. Se observó que los cultivares de la serie Potomac necesitaron menor acumulación de grados días de desarrollo y menor acumulación diaria de luz en ambos ciclos de cultivo en comparación con los cultivares de la serie Rocket, para alcanzar la madurez comercial (Cuadro 4).

En el ciclo primavera-verano los híbridos Potomac siguieron una misma tendencia al acumular menos grados día (1,189 °C·día⁻¹) y acumulación diaria de luz (1,812 MJ·m⁻²) con 119 °C·día⁻¹ y 173 MJ·m⁻² menos que los Rocket, que reunieron 1,309 °C·día⁻¹ y 1,986 MJ·m⁻² (Cuadro 4). La temperatura promedio en este período fue 14.5 °C

con 22 MJ·m⁻². Aunque la diferencia en los requerimientos de grados día de desarrollo y la acumulación diaria de luz, entre los cultivares, no fue significativa, los cultivares de la serie Potomac alcanzaron más rápido su madurez comercial; ocho días antes (Cuadro 4).

La eficiencia en el uso de la radiación al final del cultivo fue mayor para los cultivares de la serie Potomac en los dos ciclos, al obtener 0.61 g biomasa·MJ⁻¹ en el ciclo otoño-invierno y 0.56 g biomasa·MJ⁻¹ en primavera-verano, con diferencias de más de 0.24 y 0.08 g biomasa·MJ⁻¹ que los cultivares de la serie Rocket que lograron 0.36 g biomasa·MJ⁻¹ en otoño-invierno y 0.45 g biomasa·MJ⁻¹ en primavera-verano (Cuadro 4).

DISCUSIÓN

Adaptación del perrito al ambiente de producción. El ambiente en intemperie durante la producción de *Antirrhinum majus* L. fue benéfico en cuanto al nivel de radiación diaria con promedios de 17 MJ·m⁻²·d⁻¹ en el ciclo otoño-invierno y 22 MJ·m⁻²·d⁻¹ en el ciclo primavera-verano, tomando como referencia el estudio realizado por Munir *et al.* (2003b) quienes obtuvieron tallos de perrito aún con 7 MJ·m⁻²·d⁻¹ bajo invernadero.

CUADRO 4. Grados días de desarrollo (GDD, °C·día⁻¹), acumulación integrada de luz (ADL, MJ·m⁻²·d⁻¹) y eficiencia en el uso de radiación (EUR, g biomasa·MJ⁻¹) en la producción de perrito (*Antirrhinum majus* L.) para flor de corte a la intemperie en diferentes épocas de desarrollo.

Serie/Cultivar	Estado de Desarrollo								Eficiencia	
	Iniciación a floración (GDD)		Madurez comercial (GDD)		Iniciación a floración (ADL)		Madurez comercial (ADL)		Radiación cosecha (EUR)	
	O-I	P-V	O-I	P-V	O-I	P-V	O-I	P-V	O-I	P-V
Rocket										
‘Bronze’	1067a	680a	1740b	1387a	1770a	1126a	3112a	2099a	0.39	0.54
‘Red’	1015b	690a	1715b	1230b	1697b	1089a	3058a	1871b	0.34	0.36
Potomac										
‘Orange’	607c	572b	1278a	1253b	1007c	935b	2223b	1947b	0.68	0.49
‘Plumblossom’	572d	552b	1231a	1126c	924d	907b	2115b	1678c	0.55	0.58

O-I=Ciclo Otoño-Invierno 2006; P-V=Ciclo Primavera-Verano 2007. Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Las temperaturas medias diurnas del aire fueron 16.5 °C (Otoño-Invierno) y 20.5 °C (Primavera-Verano), que estuvieron en el intervalo recomendado entre 14 y 25 °C para la serie Potomac (Hamrick, 2003) y 18 a 26 °C para la serie Rocket (Pan American Seed Co., 1998). En contraste, las temperaturas medias nocturnas estuvieron por debajo de 16 °C que se recomienda para la serie Potomac en el ciclo otoño-invierno (9.8 °C) y Primavera-Verano (13.6 °C). En la serie Rocket, la temperatura media nocturna (13.7 °C) del ciclo primavera-verano estuvo solamente dentro del intervalo (de 13 a 15 °C), mientras que en el ciclo otoño-invierno fue 10 °C en promedio. Además se presentaron siete heladas durante el ciclo otoño-invierno, con una mínima de -5.6 °C durante la helada más severa; sin embargo, todos los cultivares investigados alcanzaron la etapa de madurez comercial, lo cual se relaciona directamente con la capacidad de aclimatación de esta especie a condiciones de cultivo invernales en el oriente del Estado de México.

Las temperaturas subóptimas nocturnas y por debajo de 0 °C prolonga los períodos de ocurrencia de las etapas fenológicas, debido a que disminuyen la tasa de fotosíntesis, respiración, y translocación de carbohidratos a los puntos de demanda (Munir *et al.*, 2004a). Esto se observó cuando se comparó el número de días de transplante a madurez comercial que fue mayor en invierno en ambas variedades, ya que los cultivares de la serie Potomac la alcanzaron en 137 días, y los cultivares de la serie Rocket en 180. En el ciclo primavera-verano ambas series alcanzaron la madurez comercial en 90 días. Es destacable el efecto del ambiente en cultivares como los de la serie Rocket que duplicaron su ciclo de cultivo durante el invierno (90 días más que en la primavera), mientras que en este mismo ciclo, el de los cultivares de la serie Potomac fue 56 días más largo; esto posiblemente se debe a un efecto entre la temperatura y el fotoperíodo. Munir *et al.* (2004a) encontraron que incrementos de temperatura de 0 a 20 °C produjo una disminución de 59 días en el tiempo de floración de *A. majus* L. Estos resultados indicaron que el ciclo vegetativo largo de la planta tiene mayor tiempo para acumular un mayor número de fotosíntatos lo que permitió un mayor desarrollo de los tallos en el ciclo otoño-invierno. Cremer *et al.* (2000) mostraron que el tiempo a floración se redujo hasta 50 días con incrementos en el fotoperíodo de 6 a 16 h en la misma especie a 20 °C.

Las condiciones invernales que prevalecieron en el estudio permitieron obtener tallos florales con mayor número de hojas, longitud de tallo, longitud de inflorescencia, biomasa fresca y biomasa seca que en el verano ya que, a pesar de que fueron menores los niveles diarios de radiación global, la acumulación diaria de luz fue mayor, y el periodo de crecimiento del cultivo se extendió hasta 90 y 45 días más en invierno que en verano en los cultivares de la Serie Rocket y serie Potomac, respectivamente. Esto permitió obtener mayor número de tallos florales y de mejor calidad en la serie Potomac. En otoño-invierno los cultivares de

ambas series, al bajar la temperatura el ciclo vegetativo se alargó, por lo que las plantas formaron mayor número de hojas como órganos de reserva (Munir *et al.*, 2004a).

Acumulación de grados día de desarrollo. Es notable que en el ciclo otoño-invierno, los cultivares de la serie Potomac utilizaron cerca de 30 % (473 °C·día⁻¹ de diferencia) menos grados día de desarrollo, que los cultivares de la serie Rocket, para alcanzar la madurez comercial, mientras que en primavera-verano sólo fue 15 % menos (118 °C·día⁻¹). Una respuesta diferencial también se observó cuando se compararon las series entre ciclos: los cultivares de la serie Rocket requirieron cerca de 25 % menos (419 °C·día⁻¹ de diferencia) en verano que en invierno, mientras que en los cultivares de la serie Potomac esta diferencia fue apenas de 5 % (64 °C·día⁻¹). Esto indica que el uso exclusivo de los grados día de desarrollo, como herramienta para estimar la ocurrencia de eventos fenológicos, no explica por completo el comportamiento detectado de los cultivares de la serie Rocket. El desarrollo de estos cultivares es afectado por el fotoperíodo y la temperatura lo que concuerda con Haney (1961). Maginnes (1964) fue más específico e indicó que la iniciación floral de *A. majus* L. está controlada por el fotoperíodo largo mientras que la fecha de ocurrencia de la floración está modificada por la temperatura.

La reducción en el número de días a madurez comercial entre los ciclos otoño-invierno y primavera-verano, particularmente en los cultivares de la serie Rocket, fue debida al efecto del fotoperíodo, ya que aumentó paulatinamente de 11.6 horas en octubre hasta 13.1 horas en junio.

Eficiencia en el uso de la radiación solar (EUR). La eficiencia en el uso de la radiación de los cultivares durante el verano fue entre 0.36 y 0.58 g biomasa seca MJ⁻¹; no se presentó una diferencia marcada entre series pero sí entre cultivares; 'Red' y 'Orange' fueron los menos eficientes mientras que 'Plumblossom' fue el más eficiente. En cambio durante el ciclo otoño-invierno, los cultivares de la serie Potomac fueron 40 % (0.61 g biomasa seca MJ⁻¹) más eficientes que los de la serie Rocket (0.36 g biomasa seca MJ⁻¹), particularmente el cultivar 'Orange' que alcanzó 0.67 g biomasa seca MJ⁻¹. La mayoría de los cultivares tuvieron mayor eficiencia en el uso de la radiación durante el verano, lo que concuerda con lo encontrado por Mendham *et al.* (1981) cuyos resultados muestran que *Brassica napus* L. presentó una eficiencia en el uso de la radiación más alta durante el verano.

La eficiencia en el uso de la radiación cambia de acuerdo con la nutrición, metabolismo (Sinclair y Horie, 1989), localidad, año, genotipo y densidad de población (Kiniry *et al.*, 1989). En particular, la densidad de población puede explicar parcialmente el comportamiento de los cultivares de *A. majus* L. en su eficiencia en el uso de la radiación, ya que se recomiendan 93-125 plantas·m⁻² en

verano y de 80-95 plantas·m⁻² en invierno en cultivares para flor de corte como lo son 'Orange' y 'Plumblossom' de la serie Potomac (Dole y Wilkins, 2004), mientras que Hamrick (2003) recomienda de 100-130 plantas·m⁻² en verano y 85-90 plantas·m⁻² en el invierno que es cuando se presentan bajos niveles de luminosidad (latitudes altas) para los cultivares de la serie Potomac. En cambio, para la serie Rocket se especifican 40 plantas·m⁻² lo cual es típico para jardinería (Pan American Seed Co., 1998).

De acuerdo con lo anterior, los cultivares de la serie Potomac fueron sembrados a una densidad acorde con lo recomendado por Dole y Wilkins (2004) para invierno mientras que los cultivares de la serie Rocket fueron sembrados a una mayor densidad a lo recomendado por lo que presentaron mayor competencia intraespecífica en ambos ciclos, lo que tuvo consecuencias en la eficiencia en el uso de la radiación. Los cultivares de la serie Potomac durante el verano fueron cultivados a una menor densidad de siembra que lo recomendado, por lo que sus EUR fueron menores o iguales que en invierno. Esto es similar a lo encontrado en un experimento con *Amaranthum* spp, en donde la eficiencia en el uso de la radiación incrementó de 1.22 a 1.44 g biomasa seca·MJ⁻¹ cuando se aumentó la densidad de siembra de 30 a 90 plantas·m⁻² (Kaul *et al.*, 2000).

Los cultivares de *A. majus* L., son menos eficientes para producir biomasa, que otras especies como alfalfa (*Medicago sativa*, 1.17 g biomasa seca·MJ⁻¹) (Betancourt *et al.*, 2005), maíz (*Zea mays*, 1.30 g biomasa seca·MJ⁻¹) (Andrade *et al.*, 1992), avena (*Avena sativa* 1.47 g biomasa seca·MJ⁻¹) (Kaul *et al.*, 2000) sorgo (*Sorghum bicolor*, 1.5 g biomasa seca·MJ⁻¹) (Rosenthal and Gerik, 1991; Rosenthal *et al.*, 1993) y Pasto Rhodes (*Chloris gayana*, 1.77 g biomasa seca·MJ⁻¹) (Betancourt *et al.*, 2005). Sinclair y Muchow (1999) mencionaron que las gramíneas son más eficientes en el uso de la radiación para formar biomasa, debido a que las leguminosas utilizan gran parte de la radiación interceptada para formar otros compuestos como las proteínas. En cambio, en los *A. majus*, la madurez comercial sólo incluye la formación de hojas y flores pero no de frutos o granos como en gramíneas y leguminosas, por lo que en principio, la acumulación de biomasa es menor. Además, las especies comestibles han sido mejoradas para hacer eficiente la producción y translocación de fotosintatos de los puntos de fuente a las demandas como son frutos y semillas, lo cual no es el caso de ornamentales como las flores del perrito.

CONCLUSIONES

Los cultivares de la serie Potomac fueron los mejores en aclimatarse a la intemperie en el Valle de Texcoco en los dos ciclos de cultivo, especialmente en otoño-invierno, al alcanzar su cosecha en menos tiempo y una mejor calidad comercial de acuerdo con los lineamientos de la Sociedad de Floristas Americanos (SAF) que los cultivares

de la serie Rocket. Aunque, los cultivares de la serie Rocket pueden ser cultivados en jardines en el área de estudio, como lo indica la compañía Pan American Seed Co., aun cuando en ambos ciclos produjeron tallos con calidad "Primera" que es la más baja clasificación para esta especie según la SAF y su ciclo fue de seis meses en el ciclo otoño-invierno, que se debe tomar en cuenta para el costo de su producción.

LITERATURA CITADA

- ANDRADE, F. H.; UHART, S. A.; ARGUISSAIN, G. G.; RUIZ, R. A. 1992. Radiation use efficiency of maize grown in a cool area. *Field Crops Research* 28: 345-354.
- BETANCOURT, P.; FIGUEROA, B.; ORTIZ C. 2005. Erosión hídrica y uso de la radiación solar por especies forrajeras en la cuenca del río Coxacoaco, México. *Revista de la Facultad de Agronomía* 22(2): 155-156.
- BUBAN, T.; FAUST, M. 1982. Flower bud induction in apple trees: Internal control and differentiation. *Horticultural Review* 4: 174-203.
- CACHÓN, L. E.; NERY, H.; CUANALO DE LA CERDA, H. E. 1974. Los suelos del área de influencia de Chapingo. Secretaría de Agricultura y ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 79 p.
- COCKSHULL, K. E. 1985. *Antirrhinum majus*, pp. 476-481. In: Handbook of Flowering. Vol. I. HALEVY, A. H. (ed). CRC. Press. Boca Raton. Florida, USA.
- CREMER, F.; HAVELANGE, A.; SAEDLER, H.; HUIJSER, P. 1998. Environmental control of flowering time in *Antirrhinum majus*. *Physiologia Plantarum* 104: 345-350.
- DE FINA, A. L. Y RABELO, A. C. 1973. Climatología y Fenología Agrícola. Eudeba Editor. Buenos Aires. 355 p.
- DOLE, J. M.; WILKINS, H. F. 2004. Floriculture: Principles and Species. 2nd edition. Pearson. Prentice Hall Ed. New Jersey, USA. 1023 p.
- ESAU, K. 1977. Anatomy of Seed Plants. Wiley & Sons Ed. New York, USA. 550 p.
- GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios. D.F., México. 219 pp.
- HAMMER, P. A. 2003. Greenhouse structures: what is a greenhouse? pp. 1-2. Vol. 1. In: Ball Redbook, BEYTES, C. (ed.). Ball Publishing. Batavia, USA.
- HAMRICK, D. 2003. Ball Redbook. Crop Production. Vol. 2. 17th edition. Ball Ed. Batavia, USA. 724 pp.
- HANEY, W. J. 1961. Snapdragon culture. *Michigan Florist*, 366: 25-29.
- JENNI, S.; CLOUTIER, D. C.; BERGEIS, G.; STEWART, K. A. 1996. A heat unit model to predict growth and development of muskmelon to anthesis of perfect flowers. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 121: 274-280.
- KHATTAK, A. M.; PEARSON, S. 2005. Light quality and temperature affects on *Antirrhinum* growth and development. *Journal of Zhejiang University Science*, 6: 119-124.
- KAUL, H. P.; KRUSE, M.; AUFHAMMER, W. 2000. Yield and radiation use efficiency of pseudocereals compared with oat. *Pflanzenbauwissenschaften*, 4: 9-14.
- KINIRY, J. R.; JONES, C. A.; O'TOOLE, J. C.; BLANCHET, R.; CABELGUENNE, M.; SPANEL, D. A. 1989. Radiation use efficiency in biomass accumulation prior to grain filling for five grain-crop species.

- Field Crops Research, 20: 51-64.
- LYNDON, R. F.; BATTEY, N. H. 1985. The growth of the apical meristem during flower initiation. *Biologia Plantarum*, 27(4-5):339-349.
- MAGINNES, E. A.; LANGHANS, R. W. 1964. The effect of photoperiod and temperature on initiation and flowering of snapdragon (*Antirrhinum majus*-variety 'Jackpot'). Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences, 75: 761-768.
- MENDHAM, N. J.; SHIPWAY, P.; SCCOT, R. K. 1981. The effects of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oil-seed rape (*Brassica napus*). *J. Agricultural Science Cambridge*, 96: 389-416.
- MIRANDA, M. A.; GUTIÉRREZ, E. J. 2005. Cultivo de Perrito (*Antirrhinum majus* L.): una alternativa con potencial. *Tecnoagro*, 19: 42.
- MUNIR, M.; JAMIL, M.; BALOCH, J.; KHATTAK, K. 2004a. Growth and flowering of *Antirrhinum majus* L. under varying temperatures. *International Journal of Agriculture & Biology*, 6: 173-178.
- MUNIR, M.; JAMIL, M.; BALOCH, J.; KHATTAK, K. 2004b. Impact of light on flowering time and plant quality of *Antirrhinum majus* L. cultivar Chimes White. *Journal of Zhejiang University Science*, 5: 400-405.
- PAN AMERICAN SEEDS CO. 1998. Snapdragon culture guide. 1998. Pan American Seed Co. Chicago, USA.
- PRAMUK, L. A.; RUNKLE, E. 2003. Temperature and light on bedding plants. *Greenhouse Product News*, 13: 32-41.
- RAULSTON, J. C. 1970. Relationships of snapdragon response groups to cultivar performance in Florida field production. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 83: 449-454.
- ROSENTHAL, W. D.; GERIK, T. J. 1991. Radiation use efficiency among cotton cultivars. *Agronomy Journal*, 83: 655-658.
- ROSENTHAL, W. D.; GERIK, T. J.; WADE, L. J. 1993. Radiation use efficiency among grain sorghum cultivars and plant densities. *Agronomy Journal*, 85: 703-705.
- RUCKELHAUSS, W. D. 1989. Toward to sustainable world. *Scientific American*, 261: 166-175.
- SAS (Statistical Analysis System). 1998. User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, N. C. USA. 550 pp.
- SAGARPA. 2007. www.sagarpa.gob.mx/cgcs/sembrando/2007/07-2007. Consultada en enero, 2008.
- SEDAGRO. 2004a. Sistema Integral de Información Agropecuaria y Pesquera. 1994-2004) (SIAP). Secretaria de Desarrollo Agropecuario del Estado de México. D. F., México.
- SEDAGRO. 2004b. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. 2001-2004 (SIACON). Secretaria de Desarrollo Agropecuario del Estado de México. D. F., México.
- SHANG, H.; DEITZER, G. F.; LEA-COX, J. D. 2003. Differential temperature (DIF) effects on the growth, morphology and flowering of *Antirrhinum majus* L. (snapdragon) cultivars. *Acta Horticulturae*, 624: 177-183.
- SINCLAIR, T. R.; MUCHOW, R. C. 1999. Radiation use efficiency. 215 – 265 In: *Advances in Agronomy*, Vol. 65. D. L. Sparks Ed. Academic Press.
- SINCLAIR, T. R.; HORIE, T. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation-use efficiency: a review. *Crop Science*, 29: 90-98.
- STARMAN, T. W.; CERNY, T. A.; MACKENZIE, A. J. 1995. Productivity and profitability of some field-grown specialty cut flowers. *HortScience*, 30: 1217-1220.