

# COMPORTAMIENTO DE *Physalis ixocarpa* Brot. y *Physalis peruviana* L. EN BUENOS AIRES

ANA MARÍA CERRI<sup>1</sup>

Recibido: 27/04/06

Aceptado: 12/12/06

## RESUMEN

*Physalis ixocarpa* Brot (P.I.) y *Physalis peruviana* L. (P.P.) se cultivan como producciones alternativas, son intensivas en el uso de mano de obra y sus productos se pueden orientar al mercado internacional, como oferta de contra estación.

P.I. rindió 1.704 g (PF).m<sup>-2</sup> y su mayor rendimiento respecto de P.P. estuvo asociado a los siguientes aspectos: fecha más temprana de principio de floración, mayor tasa de producción de nudos fructíferos y mayor peso individual de los frutos.

P.P. alcanzó los mayores rendimientos con fechas de siembra tempranas y conduciendo la estructura de las plantas desde el principio de floración.

La respuesta a la temperatura del subperíodo comprendido entre emergencia y el principio de floración se calculó por medio del modelo del tiempo térmico. El parámetro del tiempo térmico fue 1.111 °C días en P.I. y 1.650 °C días en P.P.

**Palabras clave.** *Physalis ixocarpa* Brot., *Physalis peruviana* L., tomate de cáscara, «cape goosberry», rendimiento.

## PERFORMANCE OF *Physalis ixocarpa* Brot. and *Physalis peruviana* L. AT BUENOS AIRES

### SUMMARY

*Physalis ixocarpa* Brot (P.I.) and *Physalis peruviana* L. (P.P.) are grown as alternative crops, are intensive in the use of hand labour and can be sold in the international market as an out of season vegetable production.

P.I. yielded 1.704 g (FW).m<sup>-2</sup>, and the higher yield respect P.P. was associated with an earlier first flowering date, a higher fruit production rate and a higher individual fruit weight.

P.P. reached the highest yield sown at early planting dates, at high plant density and when plants were pruning after first flowering.

Time from emergence to first flowering were recorded from field crops and were calculated using the thermal time model. Thermal time parameters were 1.111 °Cdays for P.I. and 1.650 °Cdays for P.P. from emergence to first flowering.

**Key words.** *Physalis ixocarpa* Brot., *Physalis peruviana* L., husk tomato, cape goosberry, yield.

---

<sup>1</sup>Departamento de Producción Vegetal. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453 (C1417DSE), Buenos Aires. E-mail: cerriana@agro.uba.ar

### INTRODUCCIÓN

El género *Physalis* pertenece a la familia Solanaceae e incluye hierbas anuales y perennes. Con más de 70 especies, pocas son de valor económico, como el tomate de cáscara o tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) y “goldenberry” (*Physalis peruviana* L.), con centro de origen en América subtropical.

*Physalis peruviana* L. (*Physalis edulis* Sims), es nativa de los Andes Centrales, entre el sur de Colombia y Bolivia. Desde el siglo XIX se cultiva en el Cabo de Buena Esperanza, en África, conocida como “cape gooseberry” se destina a consumo interno y exportación (Abak *et al.*, 1994; Ayala, 1992).

En Gabón y en otras áreas de África Central se denomina “alkekengi” o “coqueret”. Después de establecerse en el Cabo de Buena Esperanza fue introducida en Nueva Gales del Sur, Australia. Se cultiva en: Queensland, Victoria, en el Norte de Tasmania y en Nueva Zelandia. Se ha naturalizado en la isla de Luzón, Filipinas. Las semillas llegaron a Hawaii antes de 1825 y se naturalizó en las altitudes medias y altas recibiendo la denominación de “poha”. En Inglaterra se tiene información sobre esta especie desde fines del siglo XVIII con el nombre de “cape gooseberry”.

Los colonos la introdujeron en el sur de Florida, EE.UU., y está naturalizada en Jamaica desde principios del siglo veinte (Morton, 1987). En América tiene diversos nombres comunes, como: “capulí”, “aguaimanto”, tomate silvestre o “uchuba” en Perú; “capulí”, “motojobobo” o “embolsado” en Bolivia; uvilla en Ecuador; uvilla, “uchuva”, “vejigón” o “guchavo” en Colombia; “topotopo” o “chuchuva” en Venezuela; capulí, bolsa de amor en Chile; cereza del Perú en Méjico (Echeverría Ocampo, 1996).

*Physalis ixocarpa* Brot., es nativa de Méjico y de América Central. Se cultiva en su región de origen, en la India y en el Sur de África y de EE.UU. Sus nombres más comunes son tomatillo y tomate de cáscara (“husk tomato”). También se lo denomina “miltomate”, “strawberry tomato” y tomate verde mexicano (Echeverría Ocampo, 1996; Cuartero *et al.*, 1983). Los frutos se consumen asados y fritos y son utilizados como ingrediente en la elaboración de la salsa verde en la cocina mejicana (Echeverría Ocampo, 1996).

La aparición de la primera flor se registra en el último nudo del vástago principal que después se bifurca en un sistema de ramificación simpodial (Strasburger *et al.*, 1997) que da plantas de estructura abierta y simétrica.

El desarrollo de las ramificaciones inferiores se inician a partir de yemas axilares del vástago principal. Los diferentes órdenes de ramificaciones se desarrollan en forma secuencial y sincrónica (Jeuffroy, 1997).

Las flores son solitarias y presentan un alto porcentaje de auto incompatibilidad gametofítica (Pena *et al.*, 1991) y las dos especies no se pueden cruzar (Quiros, 1984). Después de la fertilización el cáliz es persistente y crece junto con el fruto (Dimitri, 1985).

Entre especies, hay diferencias morfológicas en tamaño, forma y pubescencia de las hojas y tamaño y color de los frutos maduros (León, 2000).

Las hojas y los tallos del tomate de cáscara son glabros y sus frutos tienen 4 a 5 cm de diámetro, son de color amarillo verdoso, no viran de color al madurar (Cuartero, 1983) y llenan completamente el espacio dentro de las brácteas que los cubren que corresponden al cáliz de la flor (Dimitri, 1985; Maroto, 2000).

“Uchuva” o “cape goosberry” presenta pubescencia en toda la planta. Los frutos llegan a medir 1 a 2 cm de diámetro, son de color amarillo intenso cuando alcanzan la madurez y presentan cáliz acrescente (Dimitri, 1985), quedando un espacio vacío entre aquel y el fruto maduro.

El Altiplano Mejicano Central (14°N a 32°N) entre los 300 y los 1.600 m s.n.m. (Cuartero *et al.*, 1983; León, 2000), es el centro de origen y lugar de domesticación de *Physalis ixocarpa* Brot. y el de *Physalis peruviana* L. se encuentra entre los 1.000 y 2.800 m s.n.m. en los Andes peruanos (3° S a 16° S) (Klinac, 1986). En USA, se recomiendan para las zonas frías de las localidades subtropicales (MacCain, 1993).

Las dos especies se cultivan como producciones alternativas, dentro y fuera de sus centros de origen; generan una alta demanda de mano de obra, sostenida en el tiempo; posibilitan diversificar el área de cultivo y aportan mayor seguridad económica a los productores.

Son productos que se pueden orientar al mercado exportador, como oferta de contra estación.

El objetivo de este trabajo fue conocer la adaptabilidad de estas dos especies a las condiciones agroecológicas de Buenos Aires, evaluándose:

1. El crecimiento, a través de aspectos relacionados con los componentes del rendimiento y el patrón de partición de materia seca como herramientas, para explicar la respuesta de cada una de las dos especies a los manejos que se establecieron en cuatro experimentos realizados a campo.
2. El desarrollo fásico del subperíodo comprendido entre emergencia y principio de floración, por medio del modelo de respuesta a la temperatura, que relaciona a la tasa de desarrollo con la temperatura promedio del ambiente

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Cuatro experimentos se condujeron en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (34°36' S; 58°29' O): E<sub>1</sub> (Experimento 1) durante los años 1996/97, E<sub>2</sub> (Experimento 2) durante los años 1998/99, E<sub>3</sub> (Experimento 3) durante los años 1997/98 y E<sub>4</sub> (Experimento 4) durante los años 1999/00.

Las semillas de P.I. (*Physalis ixocarpa* Brot.) y de P.P. (*Physalis peruviana* L.), de origen mejicano y colombiano respectivamente, en los 4 experimentos se sembraron pregerminadas en invernáculo y después se trasladaron a campo.

En el E<sub>1</sub>, P.I. y P.P. emergieron el 20/12/96, se plantaron el 14/01/97 en un diseño completamente aleatorizado con 4 repeticiones. La densidad fue de 4 plantas.m<sup>-2</sup> y la distancia entre surcos de plantación de 0,5 m.

La fecha del principio de floración de P.I. fue el 04/02/97 y la de P.P. fue el 25/02/97.

Al concluir el E<sub>1</sub>, el 30/03/97, se registraron mediciones de caracteres morfológicos expresadas por unidad de superficie, diferenciando: i) el número total de nudos de las ramificaciones superiores (estos nudos, aparecen cuando se ramifica la parte distal el vástago principal); ii) el número total de nudos de las ramificaciones inferiores (corresponde al recuento de los nudos observados en el vástago principal, más los nudos que aparecen cuando se

ramifican las yemas axilares del vástago principal); iii) el número total de nudos fructíferos (los nudos con frutos que fueron cosechados más los nudos con frutos que no fueron cosechados) y iv) el número total de nudos con frutos cosechados. Además, se registró el peso seco de tallos, hojas y frutos cosechados y no cosechados, el peso fresco de los frutos y se calculó el IAF (índice de área foliar).

En el E<sub>2</sub>, P.I. y P.P. emergieron el 12/8/98 y se plantaron el 12/10/98 en un diseño completamente aleatorizado con 3 repeticiones, cuando la temperatura promedio alcanzó o superó los 17 °C durante 7 días corridos. La densidad fue de 1,43 plantas.m<sup>-2</sup> y la distancia entre surcos de plantación de 1 m.

La fecha del principio de floración de P.I. fue el 03/11/98 y la de P.P. fue el 20/11/98.

Al concluir E<sub>2</sub>, el 05/02/99, se registraron mediciones similares a las realizadas en el E<sub>1</sub>, excepto que en este experimento no se registró el número total de nudos fructíferos

En el E<sub>3</sub>, los tratamientos consistieron en dos fechas de siembra de P.P.: S<sub>1</sub>: 01/09/97 y S<sub>2</sub>: 29/09/97 y fueron a campo el 13/11/97 y el 16/12/97, respectivamente. La plantación se realizó con un diseño completamente aleatorizado, con 3 repeticiones en S<sub>1</sub> y 4 en S<sub>2</sub>.

En los dos tratamientos, la densidad fue de 1,8 plantas.m<sup>-2</sup> y la distancia entre surcos de plantación de 0,8 m.

Las plantas se condujeron con poda tipo candelabro a 4 tallos y un sistema de tutorado en forma de caballete, por medio de cañas para sostener a las ramificaciones (Castilla Prados, 1995). Este se estableció desde del principio de floración, registrado cuando en el 50% de las plantas se observó el primer nudo florecido: el 5/12/97 en S<sub>1</sub> y el 1/01/98 en S<sub>2</sub>.

Desde el principio de la floración de S<sub>1</sub> y S<sub>2</sub> y hasta el 21/02/98, sobre 6 plantas por repetición se registró diariamente la fecha de floración de cada nudo y el número de nudos que dieron frutos. En los nudos que portaban frutos, se discriminaron los cosechados de los que no se cosecharon.

La cosecha se estableció al identificar el cambio de color del pericarpio de amarillo pálido a amarillo intenso registrándose la fecha y el peso fresco.

Al concluir E<sub>3</sub>, el 18/03/1998, se registraron mediciones similares a las realizadas en E<sub>1</sub>

En E<sub>4</sub>, los tratamientos consistieron en fechas de siembra seriadas de P.P. y a causa de las malas condiciones de las parcelas de experimentación, sólo se registraron los

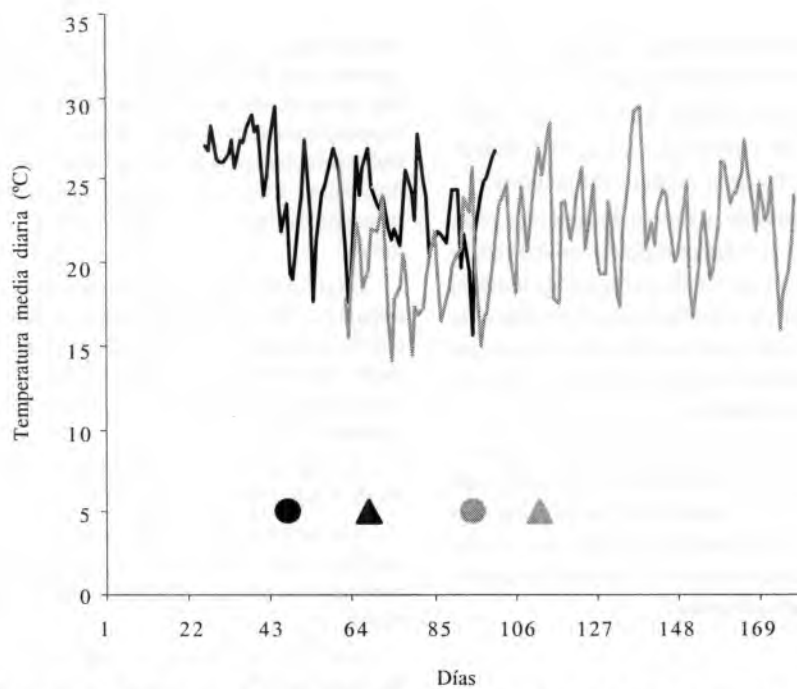


FIGURA 1. Registros de temperatura media diaria ( $^{\circ}\text{C}$ ) del aire durante el período que crecieron en el campo los  $E_1$  y  $E_2$ . Formatos: fechas del principio de floración: P.I.: círculos; P.P.: triángulos. Colores:  $E_1$ : negro y  $E_2$ : gris.

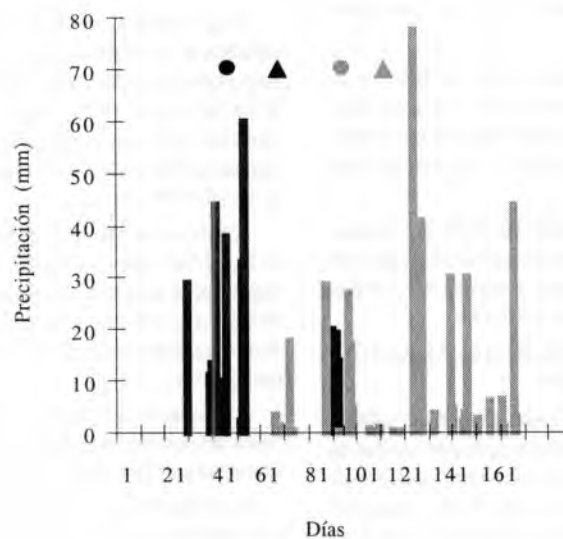


FIGURA 2. Registros de precipitación diaria (mm) acumulados durante el período en que  $E_1$  y  $E_2$  crecieron en el campo. Formatos y colores, similares a Figura 1.

resultados de la primera fecha. Esta emergió el 13/8/99, se plantó el 16/10/99, comenzó a florecer el 14/11/99 y se concluyó el 14/02/00.

La densidad fue de 4 plantas.m<sup>-2</sup> con distancia entre surcos de 0,5 m y 3 repeticiones. La conducción de las plantas fue similar a E<sub>3</sub>. Desde el 14/11/99 hasta 03/02/00 se registró cada tres días: i) el número total de nudos florecidos; ii) el número de frutos cosechados; iii) el rendimiento y iv) el peso promedio por fruto.

Los cuatro experimentos fueron fertilizados con 120 kg de N. ha<sup>-1</sup> aplicado en dos dosis, mitad después de la plantación y la otra mitad al principio de floración. Las malezas fueron controladas en forma manual y la incidencia de plagas con agroquímicos.

Se aplicó riego por goteo durante todo el ciclo en los E<sub>1</sub>, E<sub>3</sub> y E<sub>4</sub> y por surco, dos veces por semana, en el E<sub>2</sub>.

El peso seco del material vegetal se obtuvo en estufas a 70-80 °C durante 4-6 días.

Los datos de los resultados fueron sometidos a análisis de varianza y las medias se compararon a un nivel de significancia de (P=0,05). Se calculó el coeficiente de variabilidad de la desviación estándar del error de cada tratamiento y las medias de los tratamientos fueron comparadas utilizando el valor t de Student, en base a los grados de libertad de la varianza del error.

La duración, en tiempo térmico, del subperíodo desde emergencia hasta el principio de floración de P.I. y P.P., se calculó a partir de registros obtenidos de ensayos realizados en diferentes épocas. Las fechas de emergencia fueron en P.I.: 12/08/98; 16/09/99; 01/10/99 y 20/12/96 y en P.P.: 20/12/96; 12/08/98; 16/09/99; 01/09/97; 29/09/97; 13/08/99; 26/08/99; 01/12/00; 14/01/97 y 10/01/98. Los cultivos se iniciaron en invernáculo y se desarrollaron en condiciones de campo, en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.

Para cada época, se calculó la tasa de desarrollo del subperíodo desde emergencia hasta el principio de floración como la recíproca de los días transcurridos (Ritchie y NeSmith, 1991), y la temperatura promedio del aire se obtuvo por medio de la semisuma de las temperaturas mínimas y máximas durante dicho subperíodo.

Las dos variables, tasas y temperaturas, se relacionaron por medio del análisis de regresión simple. Con los parámetros de la ecuación descripta por el modelo, se estimó la duración del subperíodo, expresada en tiempo térmico, y la temperatura base a partir de la cual se acumularon las temperaturas efectivas.

La bondad del ajuste del modelo, se realizó por medio del estadístico t de Student, para determinar si la pendiente de la relación difería de 0.

Se registró el fotoperíodo durante las fechas de emergencia, de principio de floración y cuando se acumuló el 40% del tiempo térmico, por sobre una temperatura base de 0°C, desde emergencia hasta la fecha de principio de floración (Bonhomme *et al.*, 1994).

Los datos de temperaturas mínimas y máximas diarias del aire se obtuvieron de una estación meteorológica situada a 300 metros del área de los experimentos (Observatorio Central de Buenos Aires, S.M.N.) y los del fotoperíodo de tablas astronómicas.

## RESULTADOS

El patrón de distribución de los nudos entre ramificaciones superiores e inferiores fue diferente entre especies (Cuadro 1). En el E<sub>1</sub> del total de nudos registrados en P.I., el 82% correspondió a las ramificaciones superiores, mientras que en P.P. similar proporción se presentó en los nudos inferiores. En el E<sub>2</sub> se observó similar tendencia en la distribución, aunque aumentó la proporción de nudos en las ramificaciones que ostentaban los menores valores en el E<sub>1</sub>.

En P.I. los frutos se presentaron principalmente en las ramificaciones superiores, mientras que en P.P. se distribuyeron en ambos tipos de ramificaciones (datos no presentados).

El peso fresco promedio.fruto<sup>-1</sup> fue 13,8 g fruto<sup>-1</sup> en P.I. y 1,3 g fruto<sup>-1</sup> en P.P., en el E<sub>1</sub> y 5,8 g fruto<sup>-1</sup> en P.I. y 2 g fruto<sup>-1</sup> en P.P. en el E<sub>2</sub>.

El IAF, medido al final de E<sub>1</sub> fue 1,7 en P.I. y 4,9 en P.P., con error estándar de 1,28 para 6 grados de libertad, (P=0,05) y coeficiente de variabilidad de 38,7%. En el E<sub>2</sub> fue 1,9 en P.I. y 3 en P.P. con error estándar de 0,2 para 4 grados de libertad, (P=0,05) y coeficiente de variabilidad de 8,4%.

CUADRO 1. Número de nudos totales m<sup>-2</sup>, su distribución entre ramificaciones superiores e inferiores y número de nudos con frutos y cosechados por m<sup>2</sup>.

E	Tratamientos	Número de nudos. m <sup>-2</sup>				
		totales	superiores	inferiores	fructíferos	cosechados
E <sub>1</sub>	P.I.	1.325 <sup>ns</sup>	1.098 <sup>a</sup>	227 <sup>b</sup>	292 <sup>a</sup>	123 <sup>ns</sup>
	P.P.	941 <sup>ns</sup>	161 <sup>b</sup>	780 <sup>a</sup>	80 <sup>b</sup>	60 <sup>ns</sup>
	e.e.(6gl);P=0,05	266,36	157,9	184,75	53,24	58,01
	CV (%)	23,5	25,1	36,7	28,6	63,2
E <sub>2</sub>	P.I.	2.256 <sup>a</sup>	1.547 <sup>a</sup>	709 <sup>ns</sup>	S/d	106 <sup>a</sup>
	P.P.	826 <sup>b</sup>	237 <sup>b</sup>	589 <sup>ns</sup>	S/d	36 <sup>b</sup>
	e.e.(4gl);P=0,05	208,2	144,87	74,51		4,70
	CV (%)	13,5	16,2	11,5		6,6
E <sub>3</sub>	S1	186 <sup>ns</sup>			99,3 <sup>ns</sup>	83 <sup>a</sup>
	S2	169 <sup>ns</sup>			81 <sup>ns</sup>	37 <sup>b</sup>
	e.e.(5gl);P=0,05	16,21			8,7	4,97
	CV (%)	9,1			9,6	8,3

El índice de partición de la materia seca hacia los frutos fue mayor en P.I. que en P.P., alcanzando los valores de 40% en el E<sub>1</sub> y de 16% en el E<sub>2</sub> (Cuadro 2) mientras que en P.P se registró el 99% del total de la materia seca en los vástagos (tallos + hojas), tanto en el E<sub>1</sub> como en el E<sub>2</sub>.

En P.I., la partición hacia los vástagos aumentó en el E<sub>2</sub>, principalmente a través de una mayor proporción de hojas.

En el E<sub>3</sub> no se observaron diferencias entre S<sub>1</sub> y S<sub>2</sub> en términos de la cantidad de nudos totales y de nudos fructíferos (Cuadro 1), ni en los valores de biomasa o su partición hacia los órganos vegetativos (Cuadro 2). Sin embargo, el número de frutos que se cosecharon y el rendimiento se duplicó en S<sub>1</sub> respecto de S<sub>2</sub> (Cuadros 1 y 2).

El IAF de cada tratamiento, medido al final del experimento, fue de 2,9 en S<sub>1</sub> y 2,2 en S<sub>2</sub>, con un error estándar de 0,34 para 5 grados de libertad y (P=0,05) con un coeficiente de variabilidad de 13,2%.

En el E<sub>4</sub>, se cosecharon los frutos hasta el 14 de febrero, se obtuvo un rendimiento de 570 g (PF).m<sup>-2</sup> y el peso promedio por fruto fue de 3,5 g (PF) fruto<sup>-1</sup>.

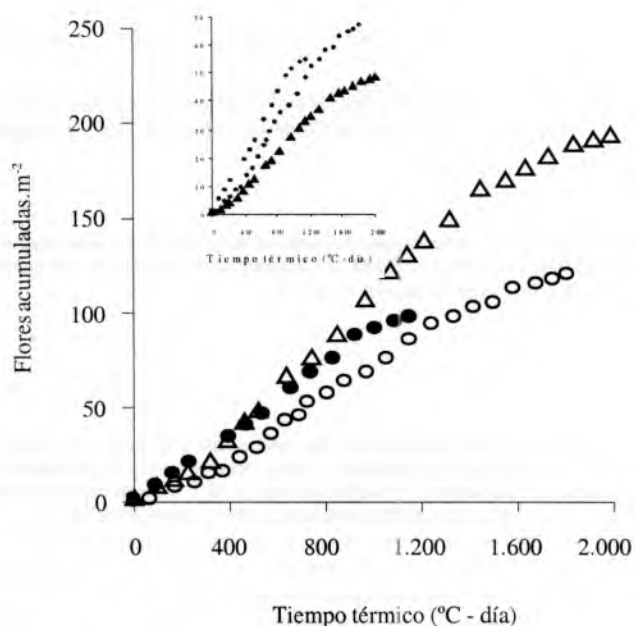
El período de registro de apertura de flores se concluyó el 24/02/98 en S<sub>1</sub>, el 21/02/98 en S<sub>2</sub> y el 03/02/00 en el E<sub>4</sub> (Figura 3) y la temperatura promedio diaria que se acumuló durante esos períodos fue: 1.833 °Cdías en S<sub>1</sub> (desde 05/12/97 hasta 24/02/98), 1.178 °Cdías en S<sub>2</sub> (desde 01/01/98 hasta 21/02/98) y 1.986 °Cdías en el E<sub>4</sub> (desde 14/11/99 hasta 03/02/00).

El total de flores registradas m<sup>-2</sup> en el E<sub>3</sub> fue 120, en S1 y 97 en S<sub>2</sub> y en el E<sub>4</sub> fue 193 (Figura 3).

El período de crecimiento de cada fruto, medido en tiempo térmico, se observa en la Figura 4 y el ajuste de los datos (n=68) por medio de una regresión lineal, resultó con un error estándar de 80,4 °Cdía para un nivel de (P=0,05).

CUADRO 2. Peso seco (PS) g.m<sup>-2</sup> de tallos, hojas, frutos y biomasa (tallo+hojas+frutos), registrado al final de cada experimento y rendimiento de frutos, en peso fresco (PF) g.m<sup>-2</sup>.

E	Tratamiento	g (PS).m <sup>-2</sup>			g (PF).m <sup>-2</sup>	
		tallos	hojas	frutos	biomasa	Rendimiento
E <sub>1</sub>	P. I.	388 <sup>b</sup>	62 <sup>b</sup>	302 <sup>a</sup>	752 <sup>ns</sup>	1.704 <sup>a</sup>
	P. P.	502 <sup>a</sup>	190 <sup>a</sup>	10,5 <sup>b</sup>	702 <sup>ns</sup>	75 <sup>b</sup>
	e.e. (6gl); P(0,05)	6,6	49,68	29,12	118,68	610,26
	CV (%)	14,7	39,4	18,6	16,3	68,6
E <sub>2</sub>	P. I.	203 <sup>b</sup>	67 <sup>b</sup>	52 <sup>a</sup>	323 <sup>b</sup>	620 <sup>a</sup>
	P. P.	347 <sup>a</sup>	116 <sup>a</sup>	3,6 <sup>b</sup>	467 <sup>a</sup>	72 <sup>b</sup>
	e.e. (4gl); P(0,05)	14,06	7,4	6,3	22,88	75,66
	CV (%)	5,1	8,1	22,6	5,8	22
E <sub>3</sub>	S1	286 <sup>ns</sup>	162 <sup>ns</sup>	75 <sup>a</sup>	553 <sup>ns</sup>	331 <sup>a</sup>
	S2	279 <sup>ns</sup>	123 <sup>ns</sup>	33 <sup>b</sup>	435 <sup>ns</sup>	152 <sup>b</sup>
	e..e (5gl); P(0,05)	52,22	21,05	4,85	66,67	19,88
	CV (%)	18,5	14,8	9	13,93	8,2

FIGURA 3. Número de flores acumuladas.m<sup>-2</sup> en función del tiempo térmico (Tb=0 °C). En la figura de menor tamaño se relaciona el número de flores acumuladas por planta en función del tiempo térmico (Tb=0 °C). Símbolos: círculos abiertos (S<sub>1</sub>); círculos cerrados (S<sub>2</sub>); triángulos (E<sub>2</sub>) y son comunes en las dos figuras.

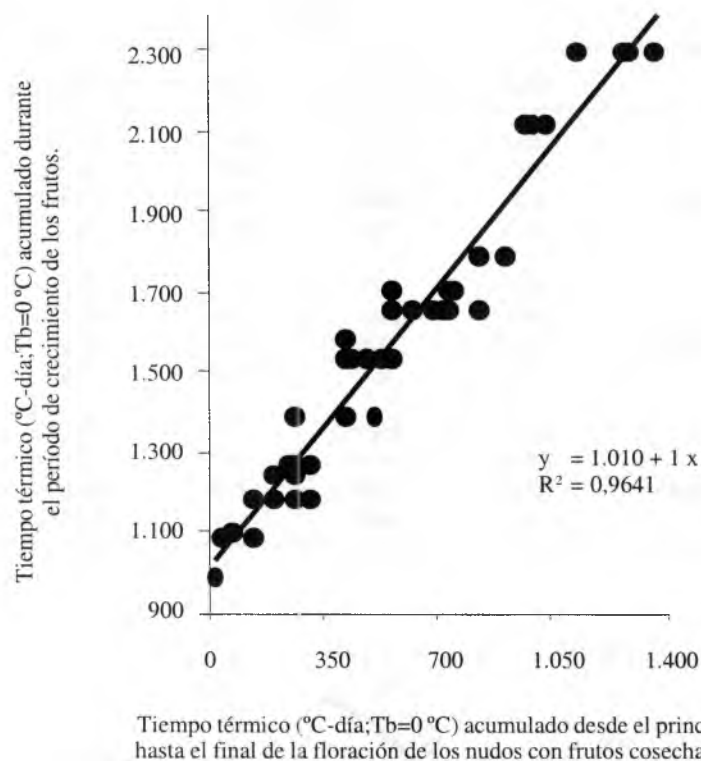


FIGURA 4. Tiempo térmico (Tb=0 °C) acumulado durante el período de crecimiento de los frutos (entre el 05/12 y el 18/03) en función del tiempo térmico (Tb=0 °C) acumulado durante la floración (entre el 05/12 y el 06/02) de los nudos correspondientes, registrado en S<sub>1</sub> del E<sub>3</sub>.

CUADRO 3. Parámetros del análisis de regresión entre la tasa de desarrollo (días<sup>-1</sup>) y la temperatura (°C) promedio del ambiente, entre emergencia y el principio de floración de cada observación (n): pendiente o coeficiente de  $\bar{x}$  ( $b_1$ ), ordenada en el origen ( $b_0$ ), error estándar (e.e.) y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), para P=0,05.

Especie	n	$b_1$	ee de $b_1$	$b_0$	ee de $b_0$	$r^2$
		°Cdía <sup>-1</sup>	°Cdía <sup>-1</sup>	día <sup>-1</sup>	día <sup>-1</sup>	
P.I.	4	0,000902	0,0000890	- 0,002796	0,0018196	0,98
P.P.	10	0,000605	0,0000829	- 0,000650	0,0017156	0,87



La amplitud de los valores de fotoperíodo entre las fechas de emergencia de P.I. y de P.P. fue de 3,8 horas; entre las fechas de principio de floración fue de 1,8 horas en P.I. y de 2,7 horas en P.P. y entre las fechas en que se acumuló el 40% del tiempo térmico desde emergencia hasta el principio de floración ( $T_b = 0^\circ\text{C}$ ), fue de 1 hora en P.I. y 1,8 horas en P.P..

El número de hojas en el vástago principal antes de la apertura de la primera flor no cambió para un lapso de iniciación de los cultivos de cuatro meses, desde agosto hasta diciembre, o de cinco meses, desde agosto hasta enero, según la especie, observándose que se desarrollaron 4 hojas en P.I. y de 12 a 13 hojas en P.P.

### DISCUSIÓN

En el  $E_1$  no se observaron diferencias entre especies en la biomasa acumulada al final de la estación de cultivo, aunque el rendimiento de P.I. resultó 23 veces superior al de P.P. asociado a la mayor capacidad de cuaje y crecimiento de sus frutos (Abak, 1994) (Cuadros 1 y 2).

En el  $E_2$  la disminución del 64% en la densidad de plantación permitió una mejor distribución de los recursos entre los individuos de la población (Loomis y Connor, 1992) como se aprecia a través de los valores de dispersión (%CV) de las variables observadas (Edmeades, 1979) (Cuadros 1 y 2).

Este cambio en la disponibilidad de recursos modificó el comportamiento individual de las plantas en los dos componentes que construyen el rendimiento: biomasa e índice de cosecha.

Las dos especies no tuvieron la plasticidad fenotípica necesaria para compensar el crecimiento, en términos de biomasa de peso seco  $\text{m}^{-2}$ , por lo que este componente del rendimiento estuvo limitado en el  $E_2$  por el número de plantas.

En P.I. el rendimiento se redujo en una proporción similar a la reducción en el número de plantas, atribuyéndose a la disminución de la disponibilidad de asimilados por fruto ya que el cuaje sólo se redujo 14%. La reducción de la acumulación de biomasa (57%) fue menor a la observada en el rendimiento lo

cual determinó que el índice de cosecha disminuyera desde 40% en el  $E_1$  a 16% en el  $E_2$ .

Mientras que en P.I. la competencia por los asimilados requeridos para el llenado de los frutos fue lo que determinó que el rendimiento entre densidades fuese diferente, en P.P. el aumento en la disponibilidad de asimilados por fruto observada en el  $E_2$  explicó la similitud de rendimiento entre ensayos: 75 y 72 g (PF)  $\text{m}^{-2}$ , lo cual además aumentó el índice de cosecha (1,6% vs 2%).

En las dos especies, el crecimiento vegetativo se da en forma concomitante con el desarrollo reproductivo (Klinac, 1986) y ambas estructuras resultan destinos alternativos de los asimilados (Malik *et al.*, 1981). Respecto de esto, P.I. demostró un mayor balance entre los dos tipos de crecimiento que P.P. donde sólo el 1,6% o el 2% del total de la materia seca se partió hacia los frutos ( $E_1$  en Cuadro 2). Esto determinó que en otros dos experimentos ( $E_3$  y  $E_4$ ) las plantas de P.P. fueran conducidas por medio de podas para manejar la partición de asimilados (Dale, 1959; Malik *et al.*, 1981) controlando el crecimiento vegetativo con el objetivo de aumentar el cuaje, el crecimiento de los frutos y el índice de cosecha.

En el  $E_3$  con la poda disminuyó el número total de nudos respecto de  $E_1$ , aumentó la cantidad de flores retenidas y la proporción de los nudos con frutos cosechados (Cuadro 1) y se alcanzó índices de cosecha de materia seca de frutos de 14% y de 7,6%, en  $S_1$  y  $S_2$ , respectivamente.

Entre  $S_1$  y  $S_2$ , el período asignado a la maduración de los frutos (105 y 77 días) fue el determinante de la diferencia de rendimiento.

El comienzo de la competencia por asimilados entre los frutos de diferentes estados de desarrollo y las estructuras reproductivas (Sadras, 1994), como las yemas florales y las flores, se observó en el  $E_3$  después que se acumularon 1.400  $^\circ\text{C}$ días desde el principio de floración (entre el 5/12 y el 5/02) (Figura 3;  $S_1$ ).

Según Vega, 1991, en P.P. la máxima tasa de crecimiento de los frutos se da entre los 7 y los 21 días desde la floración del nudo respectivo. De acuerdo a esto, los frutos que completaron su desarrollo en-

tre el 5/12 y el 5/02 (Figura 4) no disminuyeron la tasa de floración debido a su reducido número

El periodo de cuaje de los nudos donde se cosecharon esos frutos, correspondió a los primeros 370 °Cdías desde el principio de floración (Figura 4), por lo tanto los frutos que cuajaron entre 370 °Cdías y 1.400 °C fueron los que establecieron la competencia.

En el E<sub>4</sub> desde el 14 de noviembre hasta el 27 de enero (75 días y 1804 °Cdías, Tb = 0 °C), se acumuló mayor número de flores (190 vs 120) que en S<sub>1</sub> de E<sub>3</sub>, para un lapso equivalente (82 días y 1812 °Cdías, Tb = 0 °C) desde el 5 de diciembre hasta el 24 de febrero (Figura 3) en correspondencia con la mayor cantidad de plantas m<sup>-2</sup> del E<sub>4</sub>.

El número de frutos que alcanzaron la madurez en el E<sub>4</sub>, registrados hasta el 16 de febrero, superaron en 70% a los cosechados en la S<sub>1</sub> del E<sub>3</sub>, registrados hasta el 18 de marzo. Esto indica que en E<sub>4</sub> el rendimiento podría haber sido superior si la recolección de los frutos se hubiese extendido hasta el mes de marzo, en que aun persisten adecuadas condiciones climáticas para madurar, como se pudo observar en el E<sub>3</sub>.

De lo expresado, se concluye que en P.P.: i) las plantas deben ser conducidas con podas para favorecer la fijación de las estructuras reproductivas, el cuaje y el tamaño promedio de los frutos; ii) se debe aumentar la densidad de plantación para obtener un mayor número de frutos por unidad de superficie; y iii) la elección de la fecha de inicio del cultivo debe ser lo más temprana posible, para poder aumentar los periodos de floración y de maduración de los frutos.

Por medio del modelo de tiempo térmico se calculó el período emergencia-principio de floración como la recíproca del estadístico b<sub>1</sub> asumiéndose como 0 °C el valor de la temperatura base (Cuadro 3). Si bien se trabajó con un rango de temperaturas medias de 8 horas haber utilizado registros de una estación meteorológica cercana y no las temperaturas horarias diarias registradas en el lugar del cultivo (Ritchie *et al.*, 1991) puede haber aumentado la posibilidad de errores en la estimación del tiempo térmico.

El período emergencia - principio de floración de P.I. (1.111 °C días) resultó más corto que el de P.P. (1.650 °C días) y al respecto Pena *et al.*, 1991 y Maynard, 1994 indican que P.I. puede ser cultivado en climas templados debido a que la duración del ciclo del cultivo oscila entre 85 y 105 días.

Heinze *et al.*, 1991, observaron que las plantas de P.P. presentaron una semana de diferencia en la fecha de principio de floración cuando desarrollaron en ambientes con fotoperíodos de 8 y 16 horas durante la etapa de prefloración y concluyeron que la respuesta observada describía a una planta de día corto cuantitativa.

Aunque no fue objetivo describir la respuesta al fotoperíodo (Major, 1980) el rango máximo entre fechas se registró entre fases de emergencia y resultó ser menor a 4 horas.

Como las plantas requieren tener desarrolladas estructuras que transmitan el estímulo de la percepción del fotoperíodo, se observó un rango de fotoperíodos en que se podría considerar que estarían alcanzando el final de la etapa vegetativa (Bohomme *et al.*, 1994): cuando las plantas cumplieron el 40% del subperíodo emergencia-principio de floración.

Entre fechas, el rango fue de 1 hora en P.I. y de 1,8 horas en P.P, por lo que se concluyó que se debería haber logrado rangos mayores, para dar la posibilidad a que se expresara su efecto sobre el tiempo térmico

Otro aspecto a considerar es el número de hojas registradas en el vástago hasta la apertura de la primera flor, que depende del control genético (Kinet, 1999) y su aparición está modulada por la interacción con el fotoperíodo que registran las plantas durante un período acotado antes de la iniciación floral (Mulchow *et al.*, 1990).

Debido a que el número de hojas está relacionado linealmente con el tiempo térmico (Mulchow *et al.*, 1990; Bohomme *et al.*, 1991), la constancia entre fechas en el número de hojas aparecidas por debajo de la primera flor: 4 en P.I y 12 a 13 en P.P. está indicando que no habría modificación del valor del tiempo térmico.

Por lo tanto, aparentemente, el fotoperíodo no afectó a la duración del subperíodo expresado en

tiempo térmico ni al número de hojas que aparecieron en el vástago principal por debajo de la primera flor, que deberían de haber aumentado en las fechas más tardías (Bonhomme *et al.*, 1991; Kinet, 1999) en correspondencia con una respuesta de día corto cuantitativa.

Esta falta de respuesta pudo estar asociada a: i) que las plantas pertenecían a genotipos con reducida o nula sensibilidad al fotoperíodo y ii) que el rango de fotoperíodos no fue lo suficientemente

amplio como para que se expresara su efecto sobre el tiempo térmico y el número de hojas.

Ampliar el rango de fotoperíodo a partir de fechas de siembra a campo, no es posible debido a las condiciones ambientales de nuestra latitud, porque los niveles de radiación y de temperatura estarían fuera de la estación de cultivo de cada una de las dos especies, causa por la cual, se debería experimentar en diferentes latitudes o en condiciones controladas.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ABAK, K.; H.Y. GÜLER; N. SARI and M. PAKSOY. 1994. Earliness and yield of *Physalis* (*P. ixocarpa* Brot. and *P. peruviana* L.) in greenhouse, low tunnel and open field. *Acta Horticulturae* (ISHS) 366:301-306. [http://www.actahort.org/books/366/366\\_37.htm](http://www.actahort.org/books/366/366_37.htm)
- AYALA, C. 1992. Evaluation of three planting distances and three systems of pruning in cape gooseberry under greenhouse conditions. *Acta Horticulturae* (ISHS) 310: 206-214. [http://www.actahort.org/books/310/310\\_25.htm](http://www.actahort.org/books/310/310_25.htm).
- BONHOMME, R.; M. DERIEUX; J.R. KINIRY; G.O. EDMEADES and H. OZIER LOFONTAINE. 1994. Maize leaf number sensitivity in relation to photoperiod in multilocation field trials. *Agronomy Journal* 83: 153-157.
- CASTILLA PRADOS, N. 1995. Manejo del cultivo intensivo con suelo. En: F. Nuez. El cultivo del Tomate. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. España. 793 pp.
- CUARTERO, J.; J. COSTA; G. PALOMARES y F. NUEZ. 1983. Comportamiento de *Physalis* en condiciones de cultivo en el sureste español. I Congreso Nacional de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. 161-164.
- DALE, J.E. 1959. Some effects of the continuous removal of floral buds on the growth of the cotton plant. *Annals of Botany*. 23 (92): 636-649.
- DIMITRI, M.J. 1985. Las Angiospermas. En: M.J. Dimitri y E.N. Orfila. Tratado de Morfología y Sistemática Vegetal. 1<sup>er</sup> edición. Editorial ACME SACI. Buenos Aires, Argentina. 489 pp.
- ECHEVERRÍA OCAMPO, A. 1996. El Campesino. Chile. Octubre: 34-35.
- EDMEADES, G.O. and T.B. DYNARD. 1979. The development of plant to plant variability of maize at different planting densities. *Canadian Journal of Plant Science* 59: 561-576.
- HEINZE, W. and M. MIDASCH. 1991. Photoperiodic reaction of *Physalis peruviana*. *European Journal of Horticultural Science (Gartenbauwissenschaft)* 56(6): 262-264.
- JEUFFROY, M.H. and B. NEY. 1997. Crop physiology and productivity. *Field Crop Research* 53: 3-16.
- KINET, J.M. and M.M. PEET. 1997. Tomato. En: The Physiology of Vegetable Crops. 1<sup>er</sup> edición, reimpresión en 1999. Editado por H.C. Wien. CABI. 651 pp.
- KLINAC, D.J. 1986. Cape gooseberry (*Physalis peruviana*) production systems. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 14: 425-30.
- LEÓN, J. 2000. Solanales. En: Botánica de los cultivos tropicales. 3<sup>er</sup> edición. Editorial Agroamericana. IICA. San José. Costa Rica.
- LOOMIS, R.S. and D.J. CONNOR. 1992. Community concepts. In: Crop ecology: productivity and management in agricultural systems. 1<sup>er</sup> edición. Editorial: Cambridge University. Gran Bretaña. 565 pp.
- MacCAIN, R. 1993. Goldenberry; passionfruit and white sapote. Potential fruits for cool subtropical areas. In: J. Janick y J.E. Simon (eds.), New crops. Wiley, New York. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/v2-479.html>

- MALIK, M.N.A.; D.G. EDWARDS and J.P. EVENSON. 1981. Effects of flower bud removal and nitrogen supply on growth and development of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Australian Journal of Plant Physiology* 8: 285-91.
- MAJOR, D.J. 1980. Photoperiod response characteristics controlling flowering of nine crop species. *Canadian Journal of Plant Science* 60: 777-784.
- MAROTO, J.V. 2000. Physalis. *En: Horticultura herbácea especial. 4ª Edición. Editorial Mundi Prensa.* 611 pp.
- MORTON, J. 1987. Cape goosberry. *In: Fruit of warm climate.* Julia F Morton, Miami, Florida.  
[http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/cape\\_goosberry.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/cape_goosberry.html)
- MUCHOW, R.C. and P.S. CARBERRY. 1990. Phenology and leaf area development in a tropical grain sorghum. *Field Crops Research*. 23: 221-237.
- MYNARD, D.N. 1993. Potential for commercial production of tomatillo in Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 106: 223-224.
- PENA, L.A. and S.F. MARQUEZ. 1991. Mejoramiento genético de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot). *Revista Chapingo* 15: 71-72.
- QUIRÓS, C.F. 1984. Overview of the genetics and breeding of husk tomato. *Hortscience* 19: 872-874.
- RITCHIE J.T. and D.S. NESMITH. 1991. Temperature and crop development. *In: R.J. Hanks; J.T. Ritchie (eds). Modeling plant and soil systems. Monograph N° 31. ASA. CSSA. SSSA. Madison. Wisconsin.*
- SADRAS, V.O. 1994. Compensatory growth in cotton after loss of reproductive organs. *Field Crop Research* 40: 1-18.
- STRASBURGER, E.; F. NOLL; H. SCHENCK y A.F.W. SCHIMPER. 1997. Morfología y anatomía de las plantas vasculares. *En: Tratado de Botánica. 8ª Edición Castellana.* Editorial Omega. Barcelona. España. 1068 pp.
- VEGA, A. *et al.* 1991. Growth of cape goosberry (*Physalis peruviana*) fruits and determination of the harvest index. *Proceedings of the Interamerican Society of Tropical Agriculture* 14: 425-430.