

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y EVOLUCIÓN BAJO DOMESTICACIÓN EN DOS ESPECIES DE CEMPOALXÓCHITL (*Tagetes erecta* y *Tagetes patula*)

M.A. Serrato-Cruz¹; O. Grimaldo-Juárez²; V.A. González-Hernández²

¹Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. C.P. 56230. Chapingo, México

²Programa de Genética, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. C.P. 56230, Montecillo, México

RESUMEN

México es considerado el centro de diversidad del género *Tagetes* (Asteraceae). Las especies *Tagetes erecta* y *Tagetes patula*, se vienen utilizando tradicionalmente como ceremoniales desde la época prehispánica y actualmente tienen utilidad promisoriosa en: agricultura sostenible, alimentación, medicina, industria y como ornato. Con la domesticación, con frecuencia se cambian hábitos de crecimiento y desarrollo de las especies vegetales; en este caso, se aplicó la técnica del análisis del crecimiento para comparar las especies *Tagetes erecta* y *Tagetes patula*, en cuanto a su nivel de domesticación. Por la morfología de los meristemos apicales y laterales se determinó que la iniciación floral en las dos especies se presentó alrededor de los 56 días después de la siembra; el desarrollo floral (de iniciación floral a la emisión del primer botón floral abierto) duró 84 y 104 días en *Tagetes erecta* y *Tagetes patula*, respectivamente. *Tagetes erecta* mostró una germinación más uniforme, menor ramificación del tallo, menor producción de biomasa, ciclo más corto, mayores valores de la relación raíz/tallo y mayores tasas relativas del crecimiento y de asimilación neta, que la especie *Tagetes patula*, por lo que la primera se considera más domesticada que la segunda.

PALABRAS CLAVE: *Tagetes* spp., análisis de crecimiento, desarrollo, domesticación, flores.

GROWTH ANALYSIS AND EVOLUTION IN MARIGOLD AND FRENCH MARIGOLD (*Tagetes erecta* y *Tagetes patula*)

SUMMARY

Mexico is considered as a diversity center for major *Tagetes* (Asteraceae) species. Since prehispanic age *Tagetes erecta* and *Tagetes patula* traditionally have been used as ceremonial flowers, in addition today they have promissory uses in sustentable agriculture, food, medicine, industry and ornamental, however domestication knowledge of these species is limited. Domestication of wild plant is able to change the morphology and development of plant species. In this study, growth analysis technique was used contrasting *Tagetes erecta* and *Tagetes patula* species, and regarding to their domestication level. Based on the apical and lateral meristems, it was determined that the flower initiation (FI) occurred 56 days after planting; in addition, flower development (FI to blooming) required 84 days in *Tagetes erecta* and 104 days in *Tagetes patula*. *Tagetes erecta* showed a more uniform seed germination, less branching in stems, lower biomass yield per plant, a shorter life cycle, higher values of the root/stem ratio and higher rates of relative growth and net assimilation than *Tagetes patula*. For this reasons, *Tagetes erecta* was considered to be in a higher level of domestication than *Tagetes patula*.

KEY WORDS: *Tagetes* spp., growth analysis, development, domestication, flowers.

INTRODUCCIÓN

La domesticación de plantas consiste en cambios genéticos por selección artificial de características que las plantas exhiben en hábitats acondicionados por el hombre, y cuya utilidad antropocéntrica es evidente (Schwanitz, 1966; León, 1987). En México, la domesticación tradicional, practicada por etnias y comunidades campesinas, es y ha sido una de las vías fundamentales de conformación de recursos fitogenéticos.

En México se ha estimado la existencia de 30000 especies vegetales, una de las diversidades más ricas en el mundo (Toledo, 1988). Paradójicamente, no se dispone de un conocimiento amplio del plasma germinal nacional y es escaso el entendimiento de los cambios producidos por la domesticación de especies nativas útiles. Al respecto, en nuestro país se han hecho sólo algunos trabajos sobre los efectos de la domesticación en especies alimenticias, entre ellos los realizados en *Zea mays* por Canales y Miranda (1984), *Cucurbita* spp. por Reyes y

Miranda (1979), *Capsicum annuum* por Rodríguez (1988), *Physalis philadelphica* por Montes *et al.* (1991) y *Portulaca* sp. por López (1996), notando que por un lado son insuficientes para esas especies y por otro, han quedado marginadas de esos estudios otras especies nativas útiles como artesanales, ornamentales, medicinales, etc.

El término cempoalxóchitl (*Tagetes* spp.) es de origen náhuatl y se dió a las "plantas aromáticas con flores amarillas" (Códice Florentino, 1980). La domesticación de *Tagetes* spp. se ha venido practicando desde la época prehispánica con el propósito de obtener productos ceremoniales y medicinales (Neher, 1968). Algunos tipos identificados por los náhuatls fueron: cempoalxóchitl *T. erecta* L., tepecepoalxóchitl *T. patula* L. y macuilxóchitl *T. tenuifolia* Cav. (Códice Florentino, 1980) En México actualmente se han encontrado las especies *T. erecta* y *T. patula* cultivadas en huertos familiares y *T. tenuifolia* en condición silvestre (Rzedowsky y Rzedowsky, 1985).

Entre los usos actuales a nivel mundial y nacional de algunas especies de *Tagetes*, destaca su utilidad como nematocida, en el control de insectos, fungicida y bactericida en agricultura sostenible; su uso en la alimentación para pigmentar la yema de huevo y pastas alimenticias, y como saborizante; en medicina para infecciones dermatomucosas, con efecto viral en animales, para padecimiento de los ojos y como bacteriostático; uso industrial como pegamento; y uso ornamental en Estados Unidos y Europa (Serrato y Quijano, 1994). En México, la información etnobotánica sobre el aprovechamiento de *T. erecta* y de *T. patula* como planta medicinal, es muy amplia (Castro, 1994).

El origen de estas plantas, como el de varias especies de *Tagetes*, se ubica en el centro y sur de México, y en Guatemala (Neher, 1966). Hasta ahora, poco se ha investigado sobre la evolución de *Tagetes* spp. bajo domesticación.

En estudios sobre evolución de plantas domesticadas se han abordado aspectos citogenéticos (Towner, 1961), bioquímicos (Montes *et al.*, 1991) así como morfológicos (Reyes y Miranda, 1979; Canales y Miranda, 1984), los cuales debieran ser complementados con mediciones de su productividad, como lo sugiere Kranz (1969).

Mediante análisis del crecimiento es posible conocer la cinética de producción de biomasa en los vegetales, así como su distribución y eficiencia (Hunt, 1982). Este criterio se ha usado para conocer los efectos que sobre el crecimiento vegetal ocasionan factores adversos (Rocha, 1987) o el manejo agronómico (Hernández, 1990; Scully *et al.*, 1991), pero poco se ha utilizado para destacar los efectos de la domesticación en plantas.

El presente trabajo forma parte del estudio sobre la evolución bajo domesticación del cempoalxóchitl que se realiza en la Universidad Autónoma Chapingo. En esta ocasión se analiza el crecimiento de dos especies de *Tagetes* cultivadas tradicionalmente bajo la hipótesis de

que las diferencias en sus patrones de crecimiento están asociadas con el grado de domesticación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico

Las semillas utilizadas de las especies *T. erecta* (de inflorescencias dobles) y *T. patula* (de inflorescencias tipo margarita color rojo) correspondieron a tres inflorescencias recolectadas, por huerto familiar donde éstas se cultivaron, de alrededor de 50 huertos que se visitaron en noviembre de 1989 y 1990 en las comunidades de San Jerónimo Amanalco, San Pablo Ixayoc, Tequesqui-nahuac y Coatlinchán en el Oriente del Valle de México. Estos lugares se encuentran a una altitud de 2300-2500 msnm, clima templado subhúmedo y suelos feozem y vertisol. En estas comunidades año tras año se cultivan esas especies y las semillas son de fácil disponibilidad en parcelas en el mes de octubre o en el panteón durante el "Día de muertos". Una muestra combinada de germo-plasma de cada especie se sembró en Cuauhtlalpan, Texcoco, México en 1992, y sus semillas se cosecharon el 18 de noviembre de ese año. Como referencia a la posible respuesta de las citadas especies a la germinación, también se incluyeron semillas de la especie silvestre *T. tenuifolia* (Neher, 1966; Rzedowsky y Rzedowsky, 1985) colectada en Coatlinchán, Texcoco, Méx. en 1991 y multiplicada mediante cultivo en Cuauhtlalpan en 1992.

Algunos rasgos morfológicos de *T. erecta* (conocido localmente como "cempasúchil") y de *T. patula* (conocido localmente como "tlemol"), provenientes del lote de incremento de semillas en Cuauhtlalpan, se enlistan en el Cuadro 1.

Manejo de las muestras

De las semillas cosechadas de los genotipos establecidos en Cuauhtlalpan, se sembraron 200 semillas de cada una de las especies en charolas germinadoras con el sustrato suelo franco y arena de río, en la proporción 2:1; éstas se establecieron el 27 de enero de 1993 bajo condiciones de invernadero de polietileno en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. Cuando las plántulas de *T. erecta* y *T. patula* presentaron el primer par maduro de hojas verdaderas (27 de febrero), se trasplantaron a macetas de plástico negro de 30 x 60, con 3 kg de una mezcla de arena-suelo franco-tierra de monte en la relación 1:2:3. No se fertilizó y el suministro de agua simuló condiciones de riego.

Evaluación del desarrollo

Siguiendo el planteamiento de Aitken (1977) para estudiar el desarrollo vegetal, se consideraron dos etapas: la vegetativa (ED1) y la de formación de flores (ED2). La primera transcurrió de la siembra hasta la iniciación floral

CUADRO 1. Características morfológicas en las especies de *Tagetes* incluidas en el trabajo.

Carácter	<i>T. erecta</i>	<i>T. patula</i>
Color de las lígulas	Naranja Amarillo	Roja
Número de flores por capítulo		
Liguladas	8	22
Tubuladas	240	80
Receptáculo	Campanulado	Semicampanulado
Borde de foliolo	Aserrado	Dentado
No. de foliolos		
en PPHV ^z	7	5
en SPHV ^y	9	7
Hoja	Verde claro	Verde oscuro
Tallo	Verde	Morado
Angulo de rama	20 – 30°	45 – 60°
Estomas ^x		
Haz	13 – 23	24
Envés	13 – 23	20
Glándulas foliares secretoras de aceite	Pocas	Muchas

^zPrimer par de hojas verdaderas; ^ysegundo par de hojas verdaderas; ^xfrecuencia observada en 86.4 μm^2 .

(IF) y la segunda de IF a floración (F). Como parte de esta evaluación se registró la tasa de germinación con base en las 200 semillas de cada especie, realizando conteos de aparición de hojas cotiledonares, como indicador de germinación, a los 15, 21, 28, 29, 30 y 32 días de la siembra.

De una población de 90 plantas por especie se tomaron muestras de 5 plantas de cada una de ellas para observar la secuencia de eventos morfogenéticos que ocurrieron en los meristemos del ápice terminal de tallo; para ello se utilizó un microscopio estereoscópico modelo AO570 (Stereo Star, American Optical Company, NY, USA); estas observaciones, siete en total, se hicieron cada siete días a partir de diez días después del trasplante.

El momento de floración se consideró cuando más del 50% de plantas presentaron flores visibles en el tallo principal.

Análisis del crecimiento

Para el análisis de crecimiento se hizo uso del muestreo destructivo con tamaño de muestra de cinco plantas.

Se registraron las variables siguientes: altura de planta, medida con regla graduada en centímetros, desde el nudo de las hojas cotiledonares hasta el nudo más reciente visible en el tallo principal; longitud de ramas laterales, en centímetros, desde el punto de unión con el tallo principal hasta el último nudo visible en la rama; área foliar en cm^2 , mediante un integrador modelo 3100 (L1-COR, Inc. Lincoln, Nebraska, USA); peso seco de tallo, de hoja y de raíz, para lo cual los tejidos frescos se secaron en estufa modelo 28 (Precision Scientific Group, Chicago, USA) a 60 °C por cuatro días; y; peso total de la planta calculado mediante la suma de peso seco de tallo, hoja y raíz.

Con los datos anteriores se calcularon los siguientes índices de eficiencia del crecimiento: tasa absoluta de crecimiento, tasa relativa de crecimiento y tasa de asimilación neta, con base en las siguientes expresiones matemáticas propuestas por Hunt (1982).

$$\text{TAC} = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$$

$$\text{TRC} = \frac{\text{Ln}P_2 - \text{Ln}P_1}{t_2 - t_1}$$

$$\text{TAN} = \frac{(P_2 - P_1) (\text{Ln}A_2 - \text{Ln}A_1)}{(A_2 - A_1) (t_2 - t_1)}$$

donde;

P_1 = peso en el tiempo uno; A_1 = área foliar en el tiempo uno; P_2 = peso en el tiempo dos; A_2 = área foliar en el tiempo dos; t_1 = tiempo uno; Ln = logaritmo natural; t_2 = tiempo dos; TAC = tasa absoluta de crecimiento; TRC = tasa relativa de crecimiento; TAN = tasa de asimilación neta.

El índice raíz/tallo se calculó como peso seco de la raíz /peso seco del tallo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo germinativo y floral

Se notaron diferencias entre las especies de *Tagetes* desde la germinación de semillas. En la Figura 1 se muestra que en *T. erecta*, este proceso se inició más pronto y uniformemente que en *T. patula* y que en la especie silvestre de referencia; pues en *T. patula* la germinación fue lenta y en la silvestre *T. tenuifolia*, la germinación fue aún más lenta, de tal manera que apenas alcanzaron 6% en 31 días. Schwanitz (1966) y León (1987) señalaron que la tasa de germinación, asociada con la disminución o pérdida de letargo de las semillas,

es una resultante de la selección bajo domesticación, lo que sugiere que el orden de nivel de domesticación, de menor a mayor es: *T. tenuifolia*, *T. patula* y *T. erecta*.

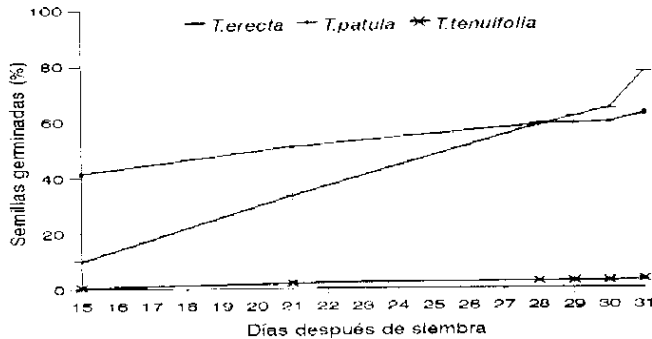


Figura 1. Germinación acumulada en *Tagetes* spp.

La iniciación floral, evento que marca el final de la etapa vegetativa e inicio de la reproductiva, ocurrió en ambas especies cultivadas hasta los 56 días después de la siembra, cuando las plantas de *T. erecta* apenas tenían 4 cm de altura y las de *T. patula* 6 cm, ambas con tres nudos visibles (Figura 2). Durante la etapa vegetativa, los meristemos eran de color verde translúcido y esféricos, y a la iniciación floral adquirieron una coloración blanco-verdosa, con aparición de ensanchamiento en la base y protuberancias en el centro.

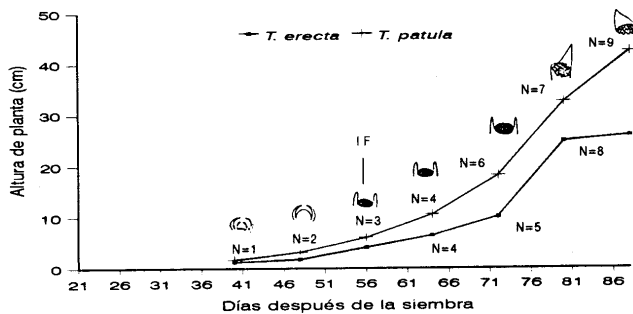


Figura 2. Iniciación floral (IF), número de nudos (N) y altura de planta en dos especies de *Tagetes*.

La floración, (apertura de los botones florales en 50%), ocurrió a los 140 días en *T. erecta* y en *T. patula* 20 días más tarde (160 días); por lo que el desarrollo floral fue de 84 días en *T. erecta* y de 104 días en *T. patula*. Tal diferencia en el periodo a floración entre *T. erecta* y *T. patula* indica diferencias fenotípicas en la tasa de desarrollo, posiblemente asociadas a variación genética en respuesta a cambios en fotoperíodo y en temperatura. En este caso, las diferencias en la floración parecen ser resultado de la domesticación, particularmente en *T. erecta*, lo cual indicaría paralelismo con lo observado por Montes *et al.* (1991) en el tomate de cáscara (*Physalis philadelphica*) en cuanto a precocidad a la

floración y fructificación, así como también lo que plantean Canales y Miranda (1984) para la floración precoz en maíz.

En diversas especies ornamentales de *Tagetes*, con porte enano, semienano, intermedio y alto, descritas por Styer y Durbin (1981), se ha registrado su periodo de floración (Russin *et al.*, 1991; Lohr y Coffey, 1987) sin caracterizar las etapas de su desarrollo; por ello, los resultados sobre el desarrollo floral que aquí se presentan, conforman un punto de partida para posteriores trabajos. En particular convendría estudiar la iniciación floral, relacionada con duración y calidad de la luz, la temperatura y el genotipo, en dicha etapa de desarrollo.

A partir de la iniciación floral se observó la brotación en sentido acrópeto de yemas axilares en los nudos uno al tres del tallo principal (Cuadro 2). En diversas especies diferentes de *Tagetes* se ha detectado que en la iniciación floral se produce el rompimiento de dominancia apical, lo cual estimula la brotación de yemas axilares (Rubinstein y Nagao, 1976; González *et al.*, 1986; Cline, 1991).

El número de nudos del tallo principal fue similar en ambas especies (en *T. erecta* ocho y en *T. patula* nueve) (Figura 2). De igual modo, el número de nudos de las ramas laterales uno, dos y tres fue parecido en las dos especies, pero la tasa de crecimiento de dichas ramas laterales después de la iniciación floral fue más rápida en *T. patula* que en *T. erecta* (Cuadro 2).

Análisis de Crecimiento

Desde la etapa vegetativa fue notable la superioridad de *T. patula* sobre *T. erecta*, en cuanto al crecimiento en altura de planta (Figura 2) y ligeramente mayor área foliar (Figura 3), además de tener una ramificación más rápida (Cuadro 2).

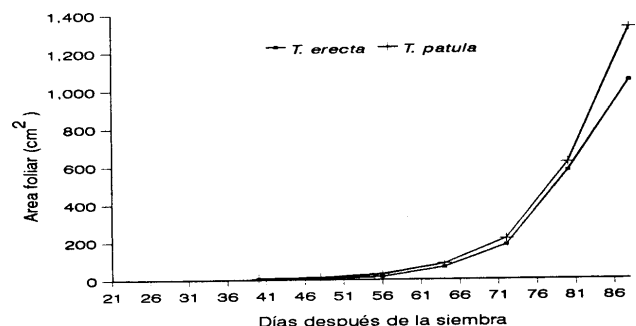


Figura 3. Área foliar en dos especies de *Tagetes*.

Después de la iniciación floral, la ramificación rápida de *T. patula*, conjuntamente con su mejor posición para captar la luz por el ángulo erecto de sus ramas (45 - 60 grados), se considera asociada a su creciente tasa absoluta de crecimiento en peso seco de hojas, tallo y total,

aún después de los 76 días. En cambio, dichas tasas en *T. erecta* empezaron a declinar a partir de esa fecha (Figura 4). La capacidad de ramificación de *T. patula* parece asociado con la prolongación del ciclo biológico.

CUADRO 2. Longitud y número de yemas axilares brotadas en ramas laterales de los nudos 1, 2 y 3 del tallo principal, en dos especies de *Tagetes*.

DDS ²	<i>T. erecta</i>				<i>T. patula</i>			
	NN	LY	NY	IN	NN	LY	NY	IN
56	Brotación de yemas en el primer par de hojas verdaderas							
64	50% de brotación en nudos uno al tres				100% de brotación en los nudos uno al tres			
72	1	2.4	1	1	1	5.1	2	2
	2	3.3	1	1	2	3.1	1	1
	3	1.0	1	1	3	1.2	1	1
80	1	11.2	3.5	3.4	1	19.0	3.8	3-4
	2	11.3	3	3	2	16.2	2.8	2-3
	3	8.8	2.3	2-3	3	11.4	2.4	2-3
88	1	15.3	3.7	3-4	1	26.7	4.4	4-5
	2	14.2	3.5	2-4	2	27.2	4.4	3-5
	3	9.5	2.0	1-3	3	22.6	3.6	3-5

² DDS = Días después de la siembra; NN = número de nudo; LY = longitud de yemas; NY = número de yemas; IN = intervalo de nudos.

En cambio, el carácter de poca ramificación mostrado por *T. erecta* parece asociado con su mayor precocidad, como también se ha notado en plantas de tomate de cáscara cultivadas, resultado que se considera como efecto de la domesticación (Montes *et al.*, 1991).

La tasa absoluta de crecimiento en peso seco de la raíz (Figura 4) tuvo un comportamiento similar en ambas especies; la máxima tasa se observó a los 76 días, para luego decrecer (Figura 4). La proporción de la raíz con respecto al tallo (i.e., índice raíz/tallo) de *T. patula* generalmente fue inferior que *T. erecta* (Figura 5). Ello evidencia una diferencia en la distribución de biomasa entre esas dos especies, en donde *T. patula* hace una mayor asignación de fotoasimilados al tallo que *T. erecta*, lo que es congruente con la superioridad de *T. patula* en las tasas absolutas de crecimiento de hojas y tallo y en ramificación del tallo.

El contraste señalado entre las dos especies de *Tagetes*, en cuanto a la asignación de biomasa al tallo y raíz, está estrechamente relacionado con sus respectivas tasas de crecimiento, ya que en el tallo de *T. erecta* la

tasa relativa de crecimiento declinó más rápidamente con la edad que en *T. patula* (Figura 6a), mientras que en la de raíz, *T. erecta* superó considerablemente a *T. patula* entre los 51 y 61 días, para después ser similar (Figura 6b). Asumiendo que la tasa relativa de crecimiento cuantifica la proporción de tejidos que tienen crecimiento activo en la planta (González *et al.*, 1986), se infiere entonces que la domesticación de *T. erecta* tuvo lugar en suelos profundos escogidos por el hombre, lo que permitió un mejor desarrollo radical, y que la selección fue hacia plantas con menos meristemas laterales que en *T. patula*.

Al igual que en tasa relativa de crecimiento de raíz, *T. erecta* también superó a *T. patula* en eficiencia fotosintética, estimada mediante la tasa de asimilación neta, en particular en la época de la iniciación floral (Figura 7). De hecho, en *T. patula* los valores de tasa de asimilación neta fueron insignificantes durante los muestreos, en contraste con *T. erecta* que presentó un pico alto a los 51 días después de la siembra. Ello sugiere que el menor crecimiento aéreo de *T. erecta* se debe a dominancia de la raíz sobre el tallo, en la captación de fotoasimilados.

El mayor crecimiento en biomasa y la mayor duración a floración de *T. patula* se asoció en forma inversa con la tasa de asimilación neta, en forma similar a lo previamente registrado en sorgo por González *et al.* (1986).

De acuerdo con Kranz (1969) y con Austin *et al.* (1980), los avances logrados mediante mejoramiento genético en trigo, como una forma acelerada de la domesticación, indujo cambios fisiológicos en las variedades mejoradas. Tales autores afirman que la cantidad de materia seca total de las plantas de trigo no ha sido modificada con el fitomejoramiento, lo que si ha cambiado es la distribución de la biomasa hacia la formación de grano, por lo que las variedades nuevas son de mayor rendimiento, asociado con un porte bajo, menor peso de tallo y aceleración del desarrollo.

Del comportamiento comparativo de *T. erecta* y *T. patula*, en cuanto a capacidad germinativa, y del desarrollo, así como del análisis de crecimiento, se deduce que la domesticación de *T. erecta* puede implicar cambios en la germinación y en el hábito de crecimiento, así como en la tasa de desarrollo de las plantas y en su nivel de ramificación, además de un mejor equilibrio en los crecimientos aéreo y subterráneo. Es de suponerse que tales cambios asociados al nivel de domesticación de *T. erecta*, debieron ocurrir durante la época prehispánica, dado que ya en el Códice Florentino se indica que se hacían varias siembras al año, en vista de que las festividades religiosas eran numerosas y se requería de un aprovisionamiento constante de flores (Castro, 1994).

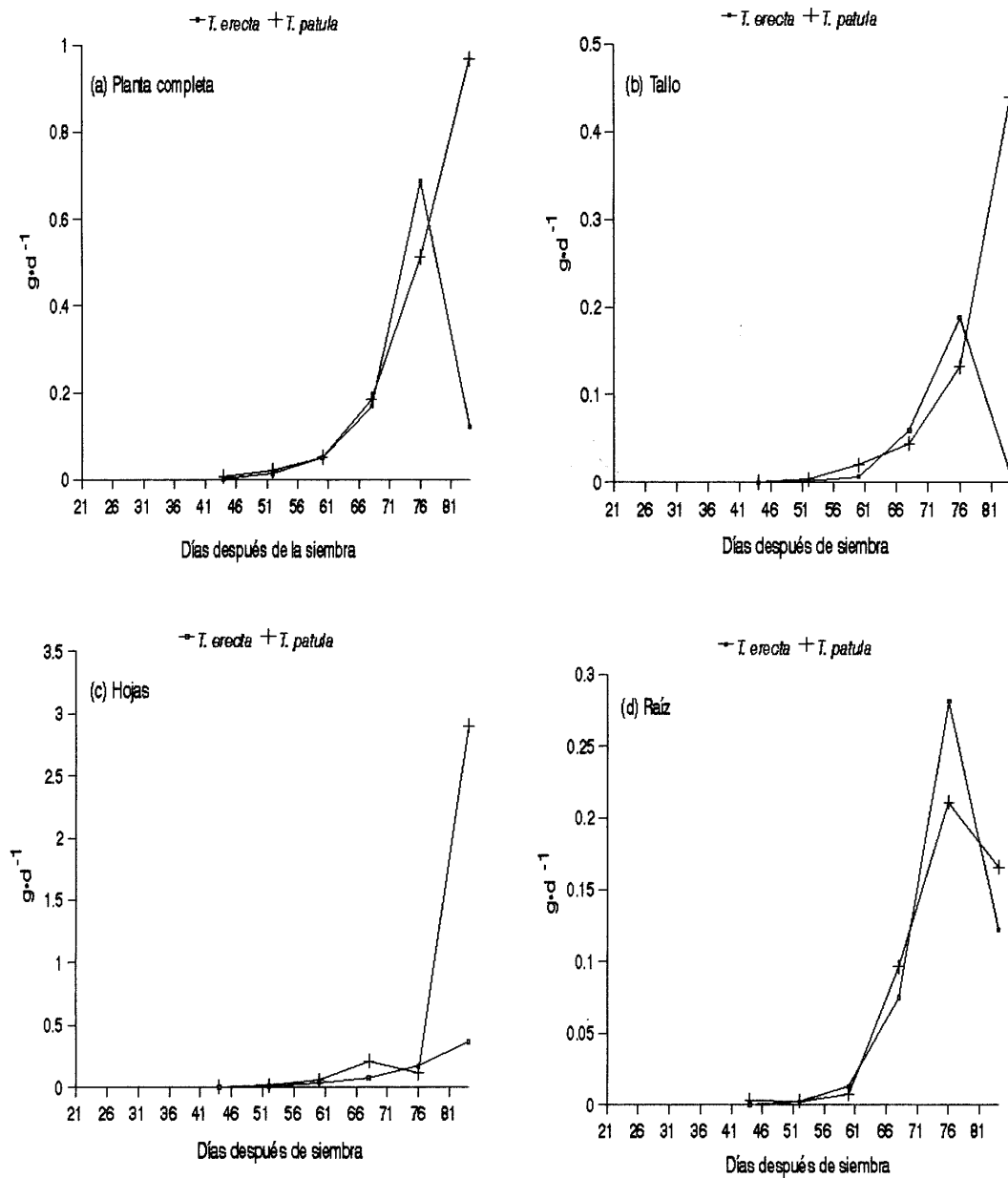


Figura 4. Tasa absoluta de crecimiento de la planta (a), tallo (b), hoja (c) y raíz (d), en dos especies de *Tagetes*.

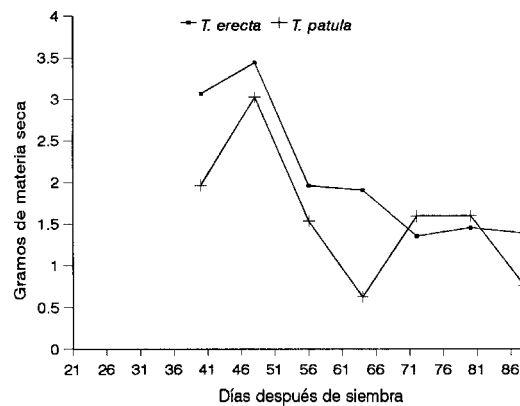


Figura 5. Relación raíz tallo en dos especies de *Tagetes*.

CONCLUSIONES

Posterior a la conquista, *T. erecta* se ha venido cultivando año con año en huertos familiares principalmente para producir flores para la festividad de "Día de muertos", lo que involucra selección de semilla, roturación del suelo, establecimiento de almácigos, transplante, disponibilidad de riego y distanciamiento de plantas, aspectos que al parecer, han contribuido al acondicionamiento artificial para el crecimiento y selección de *T. erecta*. En *T. patula*, el cuidado principalmente radica en el suministro de agua; no es frecuente encontrarla en huertos familiares, y no presenta gran variación morfológica en la inflorescencia; ello, junto con los resultados obtenidos en este estudio sobre su germinación, desarrollo y crecimiento permiten sugerir que el grado de domesticación no es tan avanzado como en *T. erecta*. Esto permite ubicar a *T. patula* como una especie en fase temprana de su domesticación.

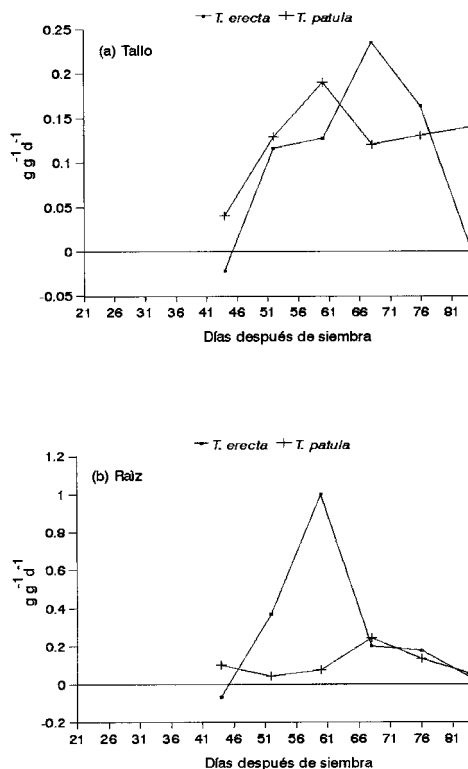


Figura 6. Tasa relativa de crecimiento del tallo (a) y raíz (b).

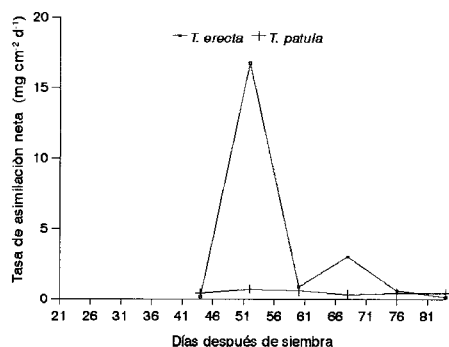


Figura 7. Tasa de asimilación neta en dos especies de *Tagetes*.

En las especies cultivadas de cempoalxóchitl, *T. erecta* y *T. patula*, a los 30 días la germinación observada fue de 60%, mientras que en *T. tenuifolia* especie silvestre, apenas llegó a 6% en el mismo periodo. La iniciación floral en las dos especies cultivadas ocurrió a los 56 días de la siembra, pero el desarrollo floral fue más rápido en *T. erecta* (80 días a partir de la iniciación floral) que en *T. patula* (140 días).

El crecimiento vegetativo de *T. patula* fue notoriamente superior al de *T. erecta* después de la iniciación floral en: altura de planta, área foliar, peso seco de órganos aéreos y ramificación rápida, reflejado en altas tasas absolutas de crecimiento y ciclo largo. La tasa absoluta del crecimiento de raíz fue igual en ambas especies, pero la relación raíz/tallo fue menor en *T. patula* que en *T. erecta*.

Lo anterior puede interpretarse como indicadores de un mayor grado de domesticación en *T. erecta* que *T. patula*, especialmente por tener menos ramificación del tallo, mayor precocidad a floración y raíz relativamente más grande y más apta para suelos cultivados.

LITERATURA CITADA

- AITKEN, Y. 1977. Conceptos agronómicos y producción foliar. *Agrociencia* 28: 115-143.
- AUSTIN, R.B., BINGHAM, J.; BLACKWELL, R.D.; EVANS, L.T.; FORD, M.A.; MORGAN, C.L.; TAYLOR, M. 1980. Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric. Sci.* 94: 675-689.
- CANALES DE S., M.C.; MIRANDA C., S. 1984. Algunos cambios ocurridos en el maíz (*Zea mays* L.) bajo domesticación. *Agrociencia* 58: 165-176.
- CASTRO R., A.E. 1994. Origen, naturaleza y usos del cempoalxóchitl. *Rev. Geogr. Agr.* 20: 179-189.
- CLINE, M.G. 1991. Apical dominance. *Bot. Rev.* 57: 318-358.
- CÓDICE FLORENTINO. 1980. Edición facsímil del manuscrito 218-20 de la Colección Palatina de la Biblioteca Medicea Laurenziana. 3 Tomos. Gobierno de la República Mexicana.
- GONZÁLEZ H., V.A.; LIVERA M., M.; MENDOZA O., L.E.; BARRERA C., C. 1986. Crecimiento y desarrollo de sorgos contrastantes en vigor y precocidad. *Fitotecnia* 8: 95-110.
- HERNÁNDEZ G., A. 1990. Crecimiento, fotosíntesis y rendimiento de la alfalfa en respuesta a la defoliación. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 68 p.
- HUNT, R. 1982. *Plant Growth Curves. The Functional Approach to Plant Growth Analysis.* Edward Arnold (Ed.). Bedford Square, London. 247 p.
- KRANZ, A.R. 1969. Evolution and productivity in domesticated plants. XI Int. Botanical Congress. Seattle, Wash. USA. Abstract. p. 116.
- LEÓN, J. 1987. *Botánica de los Cultivos Tropicales.* 2a. ed. IICA. San José, Costa Rica. 445 p.

- LOHR, V.I.; COFFEY, D.I. 1987. Growth responses of seedlings to varying rates of fresh and aged spent mushroom compost. HortScience 22(5): 913-915.
- LÓPEZ R., G.F. 1996. Domesticación de la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), y semidomesticación del romerillo (*Suaeda diffusa* Wats.) en el sistema agrícola de chinampas de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, D.F. Rev. Geogr. Agr. 22-23: 103-112.
- MONTES H., S.; AGUIRRE R., J.R.; GARCÍA M., E.; GONZÁLEZ C., F.V. 1991. Algunos efectos de la domesticación sobre la morfología del tomate (*Physalis philadelphica*). Agrociencia Serie Fitociencia 2(2): 7-25.
- NEHER, R.T. 1966. Monograph of the genus *Tagetes* (Compositae). Ph. D. Thesis. Indiana University. Bloomington, Indiana, USA. 306 p.
- NEHER, R.T. 1968. The ethnobotany of *Tagetes*. Econ. Bot. 22(4): 317-325
- REYES T., S.; MIRANDA C., S. 1979. Estudio de algunos cambios morfológicos y fisiológicos ocurridos bajo domesticación en *Cucurbita* spp. Agrociencia 37: 95-108.
- ROCHA A., J.L. 1987. Crecimiento y desarrollo de dos variedades de maíz (*Zea mays* L.) sometidas a sequía en diferentes etapas fenológicas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 147 p.
- RODRÍGUEZ M., R. 1988. Evolución del sistema reproductivo de *Capsicum annum* L. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. 113 p.
- RUBISTEIN, B.; NEGAO, M.A. 1976. Lateral bud outgrowth and its control by apex. Bot. Rev. 42: 83-113
- RUSSIN W.A.; CLAYTON, M.K.; DURBIN, R.D. 1991. Modeling non-exponential growth of a short-cycling plant, *Tagetes erecta* (Asteraceae). Can. J. Bot. 69: 316-320.
- RZEDOWSKI, J.; DE RZDOWSKI, G.C. 1985. Flora fanerogámica del Valle de México. Tomo II, ENCB-IPN, Inst. de Ecología, Méx. pp. 586-590.
- SCULLY, B.T.; WALLACE, D.H.; VIANDS, D.R. 1991. Heritability and correlation of biomass growth rates, harvest index, and phenology to the yield of common beans. J. Am. Soc. Hort. Sci. 116(1): 127-130.
- SCHWANITZ, F. 1966. The Origin of Cultivated Plants. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. USA. 175 p.
- SERRATO C., M.A.; QUIJANO A., L. 1993. Usos de algunas especies de *Tagetes*: Revisión Bibliográfica (1984-1992). Memorias del I Simposium Internacional y II Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible. Importancia y contribución de la Agricultura Tradicional, CEICADAR, Puebla. Colegio de Postgraduados México, pp. 228-238.
- STYER, D.J.; DURBIN, R.D. 1981. Influence of growth stage and cultivar on symptom expression in marigold, *Tagetes* sp. infected by *Pseudomonas syringae* pv. *tagetis*. HortScience 16(6): 768-769.
- TOLEDO, V. 1988. La diversidad biológica de México. Ciencia y Desarrollo 14(81): 17-30.
- TOWNER, J. 1961. Cytogenetic studies on the origin of *Tagetes patula* L: Meiosis and morphology of diploid and allotetra ploid *T. erecta* x *T. tenuifolia*. Am. J. Bot. 48(9): 743-751.