



## CULTIVO DE ESPECIES SILVESTRES DEL GÉNERO *Physalis* Y SU RELACIÓN CON LA SINANTROPIA<sup>†</sup>

### [CULTIVATION OF WILD SPECIES OF GENUS *Physalis* AND ITS RELATIONSHIP WITH SYNANTHROPY]

José Antonio López-Sandoval\*<sup>1</sup>, Edgar Jesús Morales-Rosales<sup>1</sup>,  
Heike Vibrans<sup>2</sup>, Ebandro Uscanga-Mortera<sup>2</sup>, Ofelia Vargas-Ponce<sup>3</sup>  
and Mahinda Martínez-y-Díaz-De-Salas<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus Universitario "El Cerrillo" El Cerrillo Piedras Blancas, 50200 Toluca, Estado de México, México.

Email: jalopezsa@uaemex.mx; ejmoralesr@uaemex.mx

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Km 36.5 Carretera México-Texcoco 56230, Texcoco, Estado de México, México. Email: heike@colpos.mx; euscanga@colpos.mx

<sup>3</sup>Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Km 15.5, Carretera Guadalajara-Nogales, Predio las Agujas, 44171, Zapopan, Jalisco, México. Email: vargasofelia@gmail.com;

<sup>4</sup>Facultad de Ciencias Naturales, Centro Universitario, Universidad de Querétaro, Cerro de las Campanas s/n, 76010, Santiago de Querétaro, Querétaro, México.

Email: mahindamartinez@gmail.com

\*Corresponding author

#### RESUMEN

Las especies sinantrópicas (maleza), han sido objeto de estudio donde se destacan sus atributos de adaptación a ambientes antropógena. El género *Physalis*, es un taxón ideal para estudiar la adaptación de estas especies silvestres a zonas de cultivo. El objetivo de la investigación fue medir la adaptación de ocho genotipos de *Physalis* en dos localidades, medida a través de un índice para identificar de acuerdo a sus características morfológicas y fisiológicas cuales son propicios para introducirlos como plantas cultivadas. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con arreglo factorial teniendo dos factores de estudio: genotipos y localidades. Los 16 tratamientos resultaron de las combinaciones de ocho especies de *Physalis* y dos localidades ubicadas en Morelos y el Estado de México. Los datos se analizaron con ANDEVA y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba DSH ( $p < 0.05$ ). Para conocer la relación entre el índice de sinantropía y las variables morfológicas y fisiológicas se estimaron los coeficientes de correlación y para establecer una relación de causa – efecto se estimaron ecuaciones de regresión entre el índice y las variables área foliar y número de semillas. Los materiales silvestres de especies cultivadas en México como *Physalis philadelphica* y *P. angulata*, presentaron los mayores promedios en todas las variables bajo estudio. Se confirmó que *P. philadelphica* con índice sinantrópico mayor (1.5) tuvo crecimiento vigoroso y mayor producción de materia seca, frutos y semillas. Las variables área foliar y número de semillas presentaron correlación positiva y altamente significativa (\*\*) con el índice de sinantropía. Los coeficientes de correlación en Texcoco y Tlalquiltenango respectivamente, fueron de 0.84 y 0.85 para área foliar y 0.85 y 0.83 para número de semillas. Las ecuaciones de regresión estimadas entre el índice de sinantropía y las variables área foliar y número de semillas evidenciaron mayor adaptación de *Physalis* para ser introducidas como plantas cultivadas.

**Palabras clave:** Maleza; arvense; colonización; adaptación; tomatillos.

#### SUMMARY

The synanthropic species (weed) have been the object of study where they emphasize their attributes of adaptation to anthropogenic environments. The genus *Physalis*, is an ideal taxon to study the adaptation of these wild species to areas of cultivation. The objective of the research was to measure the adaptation of eight genotypes of *Physalis* in two localities, measured through an index to identify according to their morphological and physiological characteristics which are favorable to introduce them as cultivated plants. The experimental design was of complete randomized blocks with factorial arrangement having two study factors: genotypes and localities. The 16 treatments resulted from the combinations of eight species of *Physalis* and two localities located in Morelos and the State of

<sup>†</sup> Submitted October 09, 2017 – Accepted January 10, 2018. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License

Mexico. The data were analyzed with ANOVA and the means of the treatments were compared with the (HSD) test ( $p < 0.05$ ). To determine the relationship between the synanthropic index and the morphological and physiological variables, the correlation coefficients were estimated and regression equations were estimated between the index and the variables leaf area and number of seeds to establish a cause - effect relationship. Wild species of species cultivated in Mexico such as *Physalis philadelphica* and *P. angulata* presented the highest averages in all variables under study. It was confirmed that *P. philadelphica* with greater synanthropic index (1.5) had vigorous growth and increased production of dry matter, fruits and seeds. The variables foliar area and number of seeds showed positive and highly significant correlation with the index synanthropic. The correlation coefficients in Texcoco and Tlalquiltenango respectively were 0.84 and 0.85 for leaf area and 0.85 and 0.83 for number of seeds. The regression equations estimated between the synanthropic index and the leaf area variables and number of seeds showed greater adaptation of *Physalis* to be introduced as cultivated plants.

**Keywords:** Weed; agrestals; colonization; adaptation; tomatillo.

## INTRODUCCIÓN

La maleza (arvenses y ruderales) son especies no cultivadas que prosperan en ambientes transformados y dominados por humanos, algunos autores hacen referencia a estas especies como plantas sinantrópicas (Villaseñor y Espinosa-García, 1998). Las arvenses son plantas no deseadas dentro de un terreno de cultivo, mientras que las ruderales conquistan caminos y vías férreas (Espinosa-García y Sarukhán, 1997).

Una forma para conocer si especies silvestres se adaptan a diferentes ambientes es a través de un indicador, denominado índice de sinantropía. Es decir, una planta que no pierda su competitividad (agua, espacio, luz, nutrientes) cuando sea sometida a prácticas de manejo agronómico (Baker, 1974; Villaseñor y Espinosa-García, 1998).

Las arvenses tienen atributos fisiológicos y reproductivos que les permite adaptarse a diferentes condiciones ambientales. La germinación, emergencia, crecimiento acelerado, autogamia, regeneración vegetativa, producción de semillas abundante y continua, con latencia y alto potencial de dispersión, son caracteres relevantes de especies sinantrópicas (Baker, 1974; Grime, 1992; Kuester et al., 2014). Danuso (2012) encontró en una comparación de *Bidens frondosa* L. (maleza) y su congénere silvestre *B. tripartita* L. (vegetación natural) que la maleza tuvo una duración de la fase vegetativa más amplia que se tradujo en mayor crecimiento y producción de semilla. El índice de sinantropía es una medida que refleja qué tan capaz es una especie para conquistar hábitats donde vive el ser humano. Este índice se determina a través de la frecuencia relativa con la que se encuentran los individuos de una especie en un determinado hábitat (Hart, 1976; Hanan et al., 2015). Un estudio en el género *Melampodium* indica que se puede proponer y medir el índice con datos de ejemplares de herbario e información de campo donde se distribuyen las especies (Hanan et al., 2015).

El tomate milpero considerado como una arvense es explotado por el hombre por sus frutos comestibles. Las especies de *Physalis* son cosechadas cuando crecen de forma espontánea en campos de cultivo. El objetivo del hombre es cultivar géneros de esta especie para su producción a mayor escala. *Physalis* es un género americano de interés para ser cultivado ya que varias especies proporcionan frutos comestibles. Los frutos son conocidos como tomate, tomatillo, tomate de hoja y milpero (Hudson, 1986). Este género incluye 90 especies, 70 de las cuales crecen en México (Vargas-Ponce et al., 2011). *Physalis*, es un grupo apto para estudiar la sinantropía, debido a que la mayoría de sus especies se distribuyen en ambientes modificados.

En esta investigación se incluyeron ocho especies: *P. acutifolia* (Miers) Sandwith, *P. angulata* L., *P. ampla* Waterf., *P. lagascae* Roem. & Schult., *P. microcarpa* Urb. & Ekman, *P. philadelphica* Lam., *P. solanacea* (Schltdl.) Axelius y *P. sulphurea* (Fernald) Waterf. De estas ocho especies, seis tienen potencial alimenticio (Kindscher et al., 2012; Santiaguillo y Yañez, 2009) y dos materiales silvestres valorados y cultivados en México (*P. philadelphica* y *P. angulata*) (Vargas-Ponce et al., 2016). Los factores que han influido en el desarrollo y domesticación de *Physalis* incluyen el alto porcentaje de germinación de semillas (Rivera-Madrid et al. 1989; Montes et al. 1991) y la simplicidad o rusticidad del sistema de cultivo, que no requiere la entrada de tecnología compleja (Montes et al., 1991, Ramadán, 2011).

El cultivo de *Physalis* depende de factores relacionados con la calidad, el aumento de la producción, falta de mejoramiento genético y potencial de mercado. El objetivo de la investigación fue medir la adaptación de ocho genotipos de *Physalis* en dos localidades, medida a través de un índice para identificar de acuerdo a sus características morfológicas y fisiológicas cuales son propicios para introducirlos como plantas cultivadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de los experimentos

El experimento se estableció bajo condiciones de cielo abierto en dos localidades. Uno se efectuó en el Colegio de Postgraduados en Texcoco, México (19° 29' N y 98° 53' W y 2250 m), con un clima del tipo BS1kw (w) (i') g que corresponde a semiárido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C lluvias de verano, con precipitación pluvial de 686 mm. El otro se llevó a cabo en Tlaquiltenango, Morelos (18° 38' N y 99° 09' W y 919 m), con clima cálido subhúmedo, temperatura media anual de 22°C y precipitación pluvial anual 864.6 mm, que corresponde al clima tipo Awo (w) (i') gw'' (García, 2005). Previo al establecimiento del experimento, se hizo un análisis físico-químico de los suelos de los dos sitios de cultivo en el Laboratorio del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo (Tabla 1).

### Material vegetal

Se obtuvo semilla de ocho especies de *Physalis*, a partir de su colecta en poblaciones naturales o del Banco de Germoplasma del Centro de Investigación en Tomate de Cáscara (CITOCA), del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, de la Universidad de Guadalajara. Cada especie estuvo representada por una población. La Tabla 2 muestra detalles del origen de las semillas usadas en los experimentos.

### Prueba de germinación

Para determinar el porcentaje de germinación de las diferentes especies, en cada uno de los sitios experimentales se estableció un almácigo de 2 × 4 m formando 4 bloques de 0.5 × 0.5 m para germinar 100 semillas de cada uno de los ocho genotipos en tierra del lugar y cubriendo con paja de arroz la semilla. Se establecieron 4 repeticiones por tratamiento. El porcentaje de germinación (% G) se obtuvo al contabilizar el número de semillas que emergieron de un total de 100 y esta variable se expresó en porciento.

### Establecimiento del cultivo

La siembra se estableció en charolas de unicel de 200 cavidades y se trasplantó cuando la plántula tenía la segunda hoja verdadera totalmente expandida, el 12 de diciembre de 2012 en Tlaquiltenango y el 20 de abril de 2013 en Texcoco. En ambas localidades se hizo un barbecho, rastreo y surcado, el trasplante fue manual depositándose una plántula a una distancia de 0.30 m entre plantas. La plantación se efectuó en ambas localidades, se fertilizó 25 días después del trasplante con 200 kg N ha<sup>-1</sup>, 100 kg P<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> y 200 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. Se aplicó todo el fósforo, potasio y la mitad de nitrógeno al momento de la plantación. En la escarda se suministró el resto de fertilizante nitrogenado. En Texcoco se cultivó en condiciones de punta de riego, a partir del 20 de mayo se mantuvo bajo condiciones de temporal. En Tlaquiltenango se regó a intervalos de 20 días ya que se estableció en otoño-invierno y no ocurrió precipitación pluvial. En ambos sitios experimentales se tuvo incidencia de mosquita blanca (*Trialeurodes vaporarum*). Se controló con aspersiones de ciperatoato (dimetoato y cipermetrina 300) a razón de 1 l ha<sup>-1</sup>. La maleza se eliminó manualmente.

Tabla 1. Análisis de suelos en Tlaquiltenango, Morelos y Texcoco, México.

Parámetros	Tlaquiltenango	Texcoco
pH	8.30	8.29
Conductividad eléctrica (dSm <sup>-1</sup> )	0.69	1.43
Materia orgánica (%)	1.61	2.69
Nitrógeno total (mgk <sup>-1</sup> )	7.40	19.70
Fósforo (mgKg <sup>-1</sup> )	2.54	23.99
Potasio (mgKg <sup>-1</sup> )	208	1110
Ca (mgKg <sup>-1</sup> )	10711	8673
Mg (mgKg <sup>-1</sup> )	1227	1252
Fe (mgKg <sup>-1</sup> )	1.58	3.68
Cu (mgKg <sup>-1</sup> )	0.68	0.99
Zn (mgKg <sup>-1</sup> )	0.64	1.02
Mn (mgKg <sup>-1</sup> )	1.13	12.51
B (mgKg <sup>-1</sup> )	2.6	2.4

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma Chapingo

Tabla 2. Datos de procedencia de las ocho especies de *Physalis* bajo estudio.

Especie	Ejemplar de respaldo de herbario o semilla	Estado	Municipio	Hábitat	Altitud (msnm)	Longitud	Latitud
<i>P. acutifolia</i>	OVP s/n	Baja California	Mexicali	Lugar abierto y soleado	8	115° 26' 28"	32 ° 38' 24"
<i>P. ampla</i>	JALS 1033	Jalisco	Tlaquepaque	Lugar abierto y soleado	1795	103° 21' 49"	20° 35' 48"
<i>P. angulata</i>	JALS 1035	Jalisco	Cuquio	Lugar abierto y soleado	2086	103° 02' 38"	21° 04' 47"
<i>P. lagascae</i>	JALS 1043	Jalisco	Teocaltiche	Ladera	1900	102° 47' 15"	21° 22' 0.4"
<i>P. philadelphica</i>	JALS 1044	Jalisco	Cuquio	Lugar abierto y soleado	2086	103° 02' 38"	21° 04' 47"
<i>P. microcarpa</i>	JALS 1045	Jalisco	Tlaquepaque	Lugar abierto y soleado	1795	103° 21' 49"	20° 35' 48"
<i>P. solanacea</i>	JS310	Jalisco	Techaluta	Lugar abierto y soleado	1340	103° 52' 48"	20° 04' 37"

### Variables morfológicas y fisiológicas

Se hicieron 2 muestreos destructivos en las etapas fenológicas de floración y fructificación (Ayala, 1992) a los 78, 103 (Texcoco) y a los 55 y 88 días (Tlaquiltenango). En ambos muestreos se tomaron ocho plantas por especie, seleccionadas al azar, y se efectuaron las mediciones morfológicas y fisiológicas: se contabilizó el número de hojas (NH), flores (NFL), frutos (NFR) y semillas (NS). El área foliar (AF) se determinó midiendo la superficie de las láminas foliares con un integrador electrónico (LICOR 3100) en dm<sup>2</sup>, sin incluir el pecíolo. Se estimó la materia seca total (MS), sometiendo las muestras en una estufa de aire forzado a 72 °C hasta obtener el peso constante.

### Índice sinantrópico de especies de *Physalis*

Se utilizó el índice sinantrópico propuesto por López-Sandoval (2014), el cual consiste en la obtención de datos de especímenes de herbario, donde se obtuvo el número de ejemplares recolectados en determinado tipo de vegetación (arvense, ruderal, vegetación secundaria y vegetación natural), se multiplicó por su valor de sinantropía (4/arvense, 3/ruderal, 2/vegetación secundaria y 1/vegetación natural) para cada hábitat y se dividió entre el número total de ejemplares del herbario revisados para cada especie, con ello se obtuvo el índice de sinantropía para cada taxón. Para fines de este trabajo se utilizó este índice enfocado como arvense, Los índices para cada una de las especies fueron: *P. philadelphica* (1.5), *P. acutifolia* (1.1), *P. angulata* (1.2), *P. ampla* (1.1), *P. lagascae* (1.1), *P. sulphurea* (1.0), *P. solanacea* (0.9) y *P. microcarpa* (0.9).

### Normalidad, linealidad, homocedasticidad e independencia de datos.

Se validó la aplicación de los supuestos del Análisis de Varianza (ANDEVA) mediante las siguientes

herramientas: en la normalidad se utilizó la gráfica de probabilidad normal, en el caso de la linealidad y homocedasticidad (homogeneidad de varianza) se comprobó mediante el gráfico de residuos versus predichos y para la independencia se empleó la gráfica de residuos frente al orden temporal en que estos fueron recopilados.

### Análisis de varianza y comparación de medias

Cada una de las especies se consideró como un tratamiento, los cuales fueron distribuidos en un diseño experimental en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo formada de 4 surcos con una longitud de 4 metros y una distancia de 0.80 m entre surco (densidad de 8 plantas m<sup>-2</sup>). La parcela útil consistió de los dos surcos centrales, eliminando un metro de cada lado, para evitar el efecto de "borde".

Con los datos se realizó un ANDEVA combinado que integró los dos factores de estudio (genotipos y localidades) y las medias se compararon con la prueba de la Diferencia Significativa Honesta (DSH)  $p \leq 0.05$  (Gomez y Gomez, 1984). En las interacciones la DSH se aplicó así:

$$DSH = q_{t, Nt, (\alpha)} \sqrt{\frac{CME}{n}}$$

Donde:

N es el número total de observaciones, t número de niveles del factor, n tamaño de muestra de cada nivel del factor, CME cuadrado medio del error, qt, Nt distribución del rango estudentizado en los parámetros t grupos y N-t grados de libertad y con el nivel de significancia  $\alpha$ .

### Correlación lineal simple

Para estimar el grado de asociación entre el Índice de sinantropía y las variables porcentaje de germinación, número de hojas, área foliar, número de flores, número de frutos, número de semillas y materia seca total se realizó un análisis de correlación lineal simple de Pearson ( $r$ ) (Morales *et al.*, 2008). Si  $r = 1$  existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa. Cuando una de ellas aumenta la otra también la hace en proporción constante. Si  $r = 0$  no existe relación lineal. Si  $r = -1$  existe una correlación negativa perfecta. Cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante. Si  $0 < r < 1$  existe una correlación positiva. Si  $-1 < r < 0$ , existe una correlación negativa.

### Regresión lineal

Para explicar la relación causa-efecto de las correlaciones entre el índice de sinantropía y las variables, porcentaje de germinación y número de semillas se determinaron las rectas de regresión, ecuación y coeficiente de determinación mediante el programa The SAS Systems for Windows 9.0 (en español). Se eligieron estas regresiones ya que para Baker (1974) dos de los principales atributos que permiten a las plantas sinantrópicas adaptarse a diferentes ambientes, son el porcentaje de germinación y el número de semillas.

### Condiciones climatológicas y fenología

Durante la estación de crecimiento de las especies de *Physalis* en Texcoco y Tlalquiltenango, la temperatura máxima y mínima de estos ambientes se presenta en las Figuras 1 y 2. Al promediar la temperatura máxima en la fase reproductiva en ambos sitios experimentales se evidencia que en Tlalquiltenango alcanzó el valor más elevado con  $35.9^{\circ}\text{C}$  superando en 34% a Texcoco ( $23.7^{\circ}\text{C}$ ). Respecto a la precipitación pluvial, en Texcoco el cultivo fue de punta de riego, mientras que en Tlalquiltenango se estableció en condiciones de riego. El ciclo biológico de las especies fue de 103 días en Texcoco, siendo el periodo vegetativo de 46 días, la etapa de botones duró 23 días, la floración 15 días y la de fructificación 19 días. En Tlalquiltenango la estación de crecimiento duró 88 días, 39 días en la etapa vegetativa, 13 a la de botones, 13 la de floración y 23 a la de fructificación. Las características químicas del suelo, se describen en la Tabla 1, ahí se observa, que el pH en ambos sitios fue muy semejante. La conductividad eléctrica y los macroelementos (N, P, K) fueron notablemente superiores en Texcoco. Con relación a los microelementos, Texcoco mostró las cantidades más altas excepto en el Boro donde ambos sitios presentaron similar contenido. El calcio en Tlalquiltenango fue superior ( $10711 \text{ mgkg}^{-1}$ ) respecto a Texcoco ( $8673 \text{ mgkg}^{-1}$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

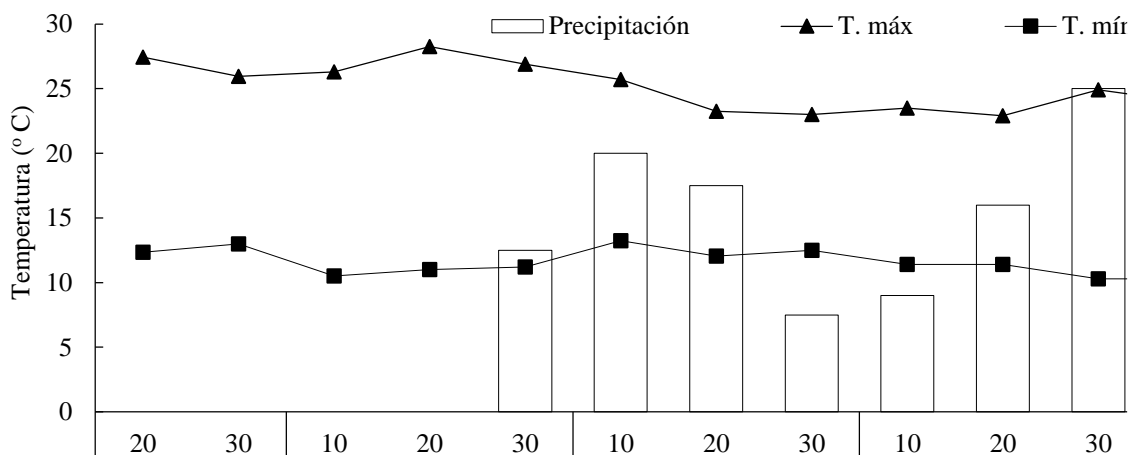


Figura 1. Temperatura máxima, mínima (media decenal) y precipitación (suma decenal) durante el ciclo de cultivo de ocho especies de *Physalis* en Texcoco.

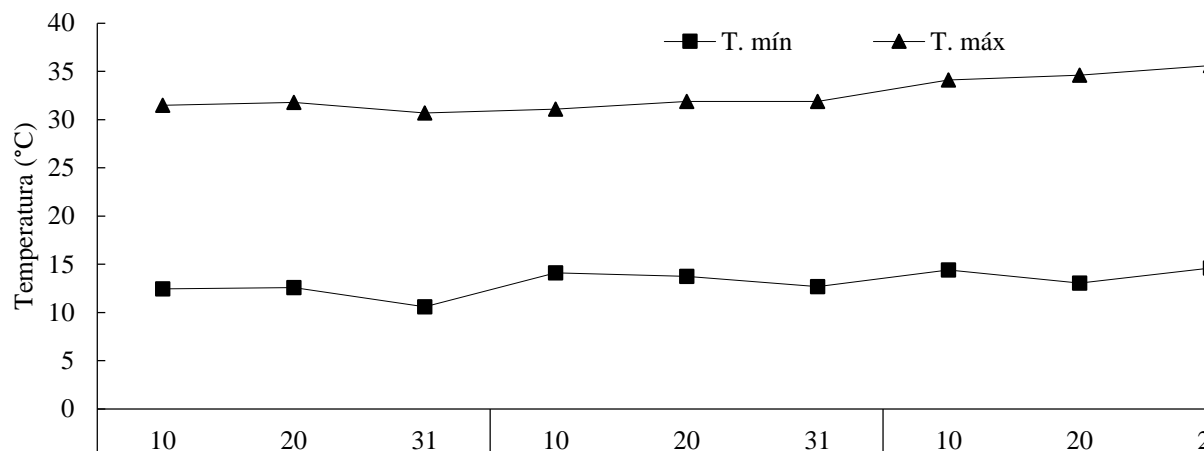


Figura 2. Temperatura máxima y mínima (media decenal) durante el ciclo de cultivo de ocho especies de *Physalis* en Tlalquiltenango.

El cultivo de las especies de *Physalis* en dos ambientes mostró resultados diferentes en la duración de las etapas fenológicas. En Tlalquiltenango, se tuvo una temperatura promedio más alta y una cantidad de humedad más elevada por el riego suministrado, con estas dos condiciones, la germinación expresada en porcentaje fue mayor en dicha localidad (Rivera-Madrid y Garza-Caligaris, 1989). El número de flores, frutos y semillas fue mayor en Texcoco, lo anterior se debió a la alta temperatura a la que estuvieron expuestas las plantas de tomate durante estas etapas fenológicas en Tlalquiltenango y este elemento del clima influyó en la inhibición de la fase reproductiva ya que la temperatura resulta estresante en el cultivar de tomate Río Grande, tal como lo menciona Páez *et al.* (2000). En esta investigación, se confirmó lo encontrado por Kuester *et al.* (2014) donde indican que las características morfológicas y fisiológicas responsables de la conquista de ambientes antropógenas son entre otras la mayor cantidad de frutos.

En Tlalquiltenango las plantas mostraron un ciclo más corto y produjeron menos materia seca. Este resultado se debió a la mayor temperatura en esta localidad, factor que acelera los procesos de diferenciación en los vegetales (Serrano, 1998; Rodríguez, 2010). La duración del ciclo biológico en Texcoco (103 días) fue más largo comparado con lo encontrado en la especie cultivada *P. philadelphica* cv. Rendidora que tuvo un ciclo biológico más corto (89 días) en esta localidad (Mera, 1987). Lo anterior está de acuerdo con lo que expresa Schwanitz (1967), que una planta cultivada difiere de sus parientes silvestres en algunos caracteres hereditarios, que se manifiestan entre otras cosas en cambios en la duración del ciclo biológico.

### Variables morfológicas y fisiológicas

Los ambientes presentaron diferencias estadísticas (ANDEVA;  $p < 0.001$ ), siendo Texcoco una mejor localidad respecto a Tlalquiltenango en número de hojas, número de flores, número de semillas y materia seca. Tlalquiltenango mostró ser un mejor ambiente en el porcentaje de germinación de las semillas superando a Texcoco en 8.6%. En las localidades no se encontraron diferencias estadísticas significativas en el índice de sinantropía.

Entre los genotipos, el análisis de varianza mostró la variabilidad morfológica y fisiológica entre las poblaciones, ya que estos se comportaron de distinta forma en todas las características evaluadas, sin embargo, las especies con formas cultivadas tuvieron las medias más altas en cada uno de los caracteres ensayados. *P. philadelphica* tuvo los promedios más altos, excepto en el número de flores, donde *P. sulphurea* tuvo el mejor valor (39.3). Entre los genotipos ensayados, *P. philadelphica* destacó en los atributos que confieren a las arvenses mejores condiciones para adaptarse a diferentes ambientes, al presentar el mayor índice de sinantropía, porcentaje de germinación, número de frutos y número de semillas con valores de 2.4, 99.1 %, 110.6, respectivamente (Tabla 3). *P. angulata* después de *P. philadelphica* tuvo los promedios más altos en el porcentaje de germinación, número de hojas, área foliar, número de flores, número de frutos, número de semillas y materia seca (Tabla 3).

La interacción localidad  $\times$  genotipo fue altamente significativa en el número de hojas, número de flores, número de frutos, número de semillas y materia seca. El índice de sinantropía, porcentaje de germinación y área foliar la interacción no fue significativa. Sólo

se presentan las interacciones  $L \times G$  de las variables número de hojas, número de frutos, número de semillas y materia seca por ser los caracteres que reflejan la sinantropía en las especies vegetales.

Los coeficientes de variación (CV) fluctuaron entre 2.7 y 16.6 % para área foliar y número de flores, respectivamente. Los CV obtenidos en esta investigación sugieren un manejo adecuado del cultivo y por lo tanto los resultados reportados son confiables (Steel y Torrie, 1988).

Los genotipos evaluados en Texcoco tuvieron la mejor expresión fenotípica en la mayoría de las variables evaluadas. El índice de sintropía, el número de frutos, semillas y materia seca total alcanzaron su máximo valor en esta localidad, lo anterior se debió principalmente al mayor contenido de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  y materia orgánica, la mayor fertilidad del suelo permitió a los cultivares de *Physalis* adaptarse favorablemente a dichas condiciones edáficas, corroborando lo reportado por Pérez y Granados (2001) quienes afirman que el nitrógeno, fósforo y la materia orgánica en diferentes dosis incrementan el rendimiento de los cultivos.

*Physalis philadelphica* y *P. angulata*, las especies con formas cultivadas, son las que presentaron los valores mayores para las variables que demuestran sinantropía tales como: porcentaje de germinación, área foliar, número de semillas y materia seca total en los dos ambientes. Los frutos de estas especies mostraron los caracteres esperados de preadaptación que son los frutos relativamente grandes, quizás el factor más importante de evolución de la especie silvestre a la cultivada (Schwanitz, 1967).

El número de hojas por cada cultivar en cada localidad se presenta en la Figura 3. En ella se observa que en Texcoco *P. philadelphica* obtuvo el valor más elevado para esta característica (168.3) seguido por *P. angulata* con 88.8 hojas. Al ser estas especies cultivadas en algunas regiones del país, han evolucionado y presentan un mayor dosel vegetal, lo que influye para que estos genotipos tengan mayor materia seca y mejores rendimientos. En este sentido, Escalante y Kohasi (1993) indican que una mayor producción de hojas verdes influye en una mayor eficiencia en la tasa fotosintética.

Tabla 3. Análisis de varianza combinado y prueba de comparación de medias de las variables: Índice de sinantropía (IS), Porcentaje de germinación (PG), Número de hojas (NH), Área foliar (AF), Número de flores (NFL), Número de frutos (NFR), Número de semillas (NS) y Materia seca (MS).

Factor	IS	%G	NH	AF (dm <sup>2</sup> )	NFL	NFR	NS	MS (g)
Localidad (L)	ns	***	***	***	***	***	***	***
Texcoco	2.01a	74.3b	73.6a	1030a	36.2a	61.5a	141.4a	20.3a
Tlaquiltenengo	1.99a	82.9a	42.1b	999b	19.8b	51.6a	95.4b	18.7b
Tukey ( $P \leq 0.05$ )	0.37	2.8	1.8	13.3	2.1	1.3	6.1	0.72
Genotipos (G)	***	***	***	***	***	***	***	***
<i>P. angulata</i>	1.2b	96.9a	57.4b	995b	27.0b	67.3b	100.4b	25.8b
<i>P. acutifolia</i>	1.1bc	85.7b	44.1d	506.9d	18.1c	46.1d	95.4b	15.5d
<i>P. ampla</i>	1.1bc	68.0d	50.8c	521.2d	25.6b	47.3d	83.6bc	15.5d
<i>P. lagascae</i>	1.1bc	70.8d	49.8c	524.4d	26.8b	46.9d	84.3bc	15.6d
<i>P. solanacea</i>	0.9d	60.0c	60.2b	827.3c	25.0b	55.2c	94.2b	18.5c
<i>P. microcapa</i>	0.9d	44.6e	38.6d	503.3d	25.7b	37.4e	71.2c	10.0e
<i>P. sulphurea</i>	1.0c	89.4b	50.6c	208.9e	39.3a	47.8d	84.2bc	14.9d
<i>P. philadelphica</i>	1.5a	99.1a	95.4a	4010.7a	28.1b	110.6a	308.7a	39.5a
Tukey ( $P \leq 0.05$ )	0.1	4.5	5.6	41.6	6.7	3.9	18.9	2.3
$L \times G$	ns	ns	***	ns	***	***	***	***
CV (%)	12.5	6.0	6.7	2.7	16.6	4.5	10.9	7.8

ns= no significativo; \*, \*\* y \*\*\* significativos  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$  y  $p < 0.001$ , respectivamente. Las columnas con la misma letra, no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba DSH ( $p < 0.05$ ).  $L \times G$  = Interacción Localidad  $\times$  Genotipo; CV = Coeficiente de variación.

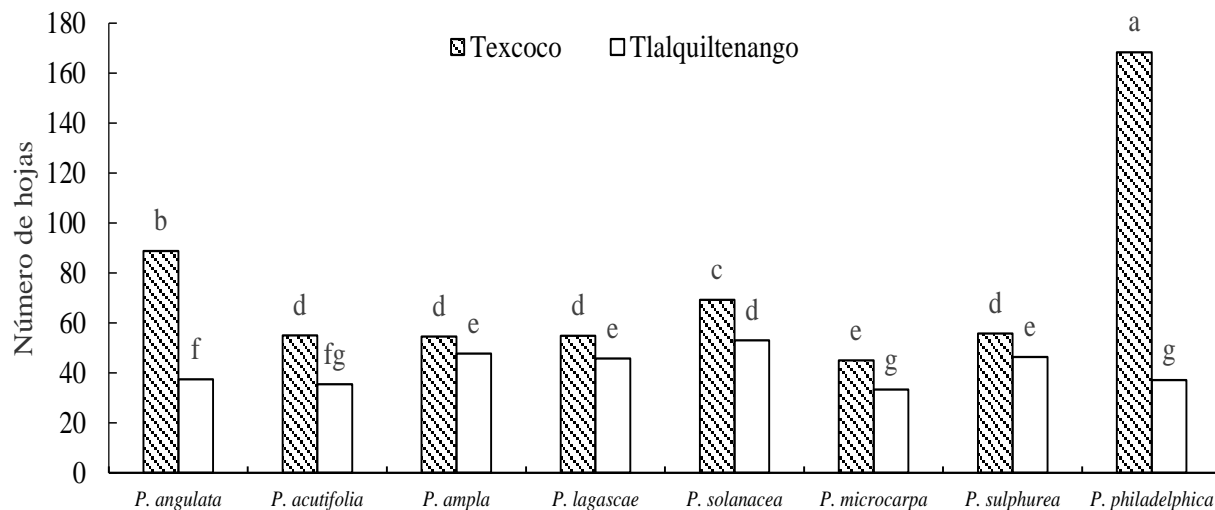


Figura 3. Efecto de la interacción localidad × genotipo en la variable número de hojas. Las barras con la misma letra, no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de la Diferencia Significativa Honesta ( $p < 0.05$ ).

Un mayor número de frutos en los cultivares de *Physalis*, permite suponer una mayor cantidad de semillas. En las Figuras 4 y 5 se puede notar que esta tendencia se cumplió en las especies que genéticamente han progresado al ser establecidas bajo cultivo. En este orden de ideas, existió una mayor adaptación a las condiciones agroambientales de *P. philadelphica* en ambos sitios experimentales ya que la producción de frutos 148 y 82.4 y de semillas 540.3 y 123 en Texcoco y Tlalquilténango, respectivamente, así lo señalan. El mayor tamaño de fruto de *P. philadelphica* (datos no presentados) fue influenciado positivamente por las variables fisiológicas número de hojas (95.4 en promedio) y área foliar (4010.7 dm<sup>2</sup> en promedio) como lo señala la Tabla 3. Morales *et al.* (2015) afirman que estos componentes de

rendimiento son el resultado de una mayor absorción de fertilizante nitrogenado, ya que este elemento químico provoca una mayor expansión foliar de las hojas y por lo tanto, una mayor intercepción de radiación solar por el cultivo, incrementando significativamente la fotosíntesis.

En párrafos anteriores se menciona que la materia seca es el resultado de un mayor número de hojas y área foliar. En este estudio, las condiciones edáficas y ambientales de Texcoco fueron mejor explotadas por los diferentes genotipos de *Physalis*, así lo evidencia la Figura 6. *P. philadelphica*, corrobora lo anterior, ya que la cantidad de materia seca obtenida en Texcoco (43.6 g) supera en 17% a la alcanzada por este genotipo en Tlalquilténango.

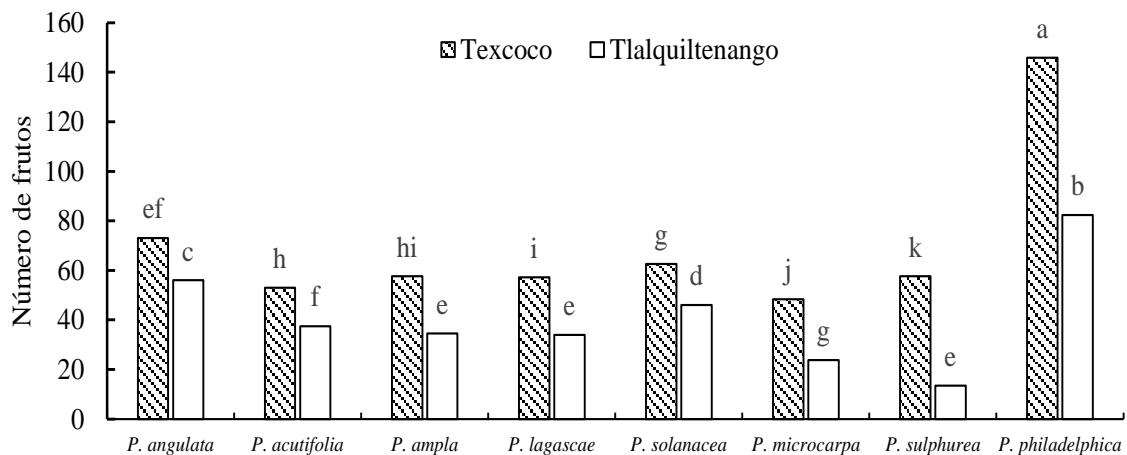


Figura 4. Efecto de la interacción localidad × genotipo en la variable número de frutos. Las barras con la misma letra, no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de la Diferencia Significativa Honesta ( $p < 0.05$ ).



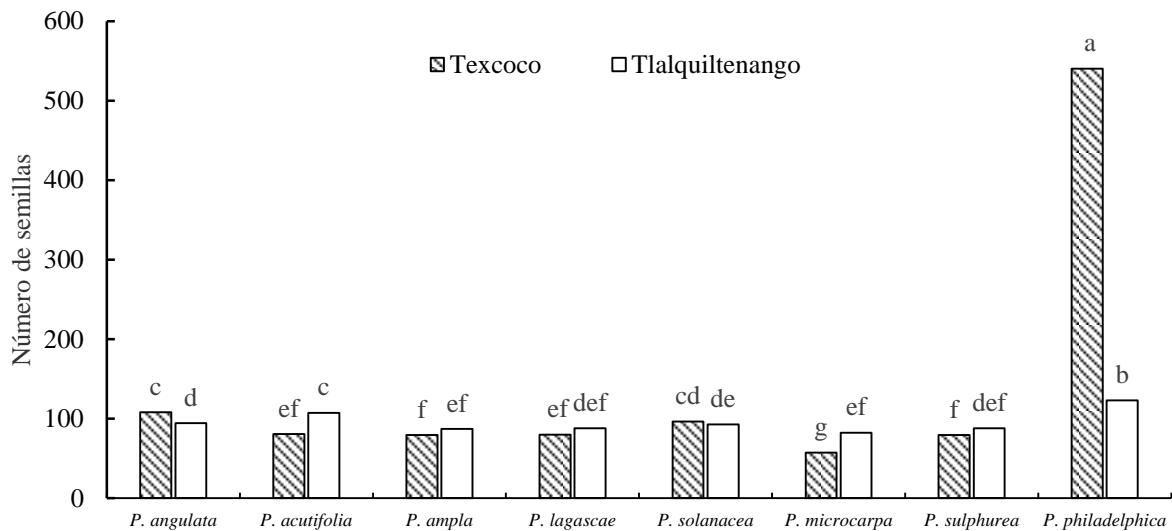


Figura 5. Efecto de la interacción localidad  $\times$  genotipo en la variable número de semillas. Las barras con la misma letra, no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de la Diferencia Significativa Honesta ( $p < 0.05$ ).

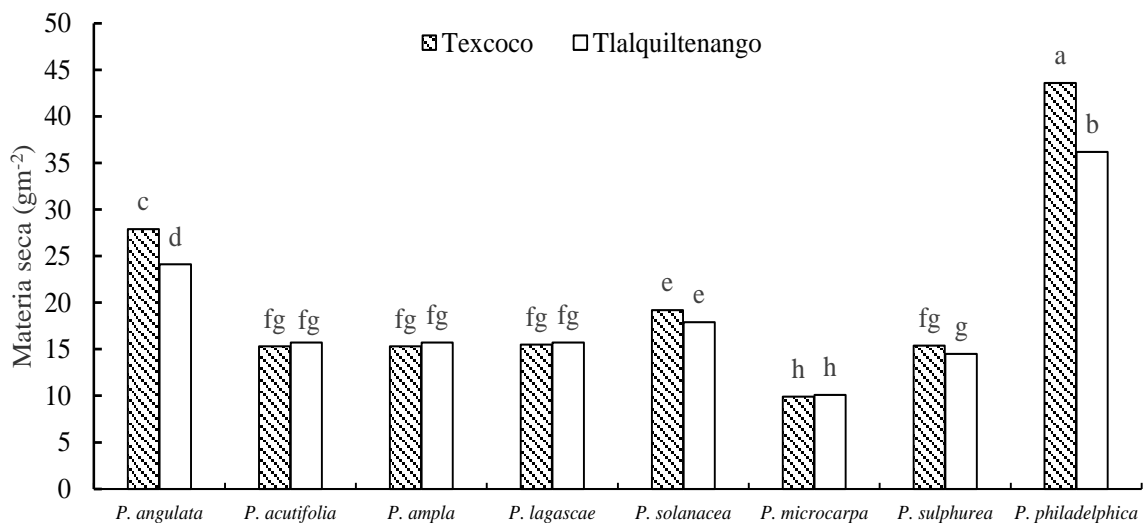


Figura 6. Efecto de la interacción localidad  $\times$  genotipo en la variable materia seca. Las barras con la misma letra, no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de la Diferencia Significativa Honesta ( $p < 0.05$ ).

### Correlación lineal simple

Los coeficientes de correlación lineal simple en cada localidad presentados en la Tabla 4 y Tabla 5, mostraron una correlación positiva y altamente significativa entre el índice de sinantropía y las variables bajo estudio. Es importante señalar la relación positiva entre este índice con las

características porcentaje de emergencia y producción de semilla. En Texcoco los coeficientes de correlación fluctuaron de 0.66\*\* para el porcentaje de germinación a 0.85\*\* para el número de semillas. En Tlalquitenango los coeficientes variaron de 0.51\* para el número de flores a 0.85\*\* para el área foliar (Tabla 4).

Tabla 4. Correlaciones fenotípicas entre las características Índice de Sinantropía (IS), Porcentaje de germinación (% G), Área Foliar (AF), Número de Flores (NFL), Número de Frutos (NFR), Número de semillas (NS) y Materia Seca (MS), en Texcoco, México.

Variable	IS	% G	AF (dm <sup>2</sup> )	NFL	NFR	NS	MS (g)
IS	0	0.66*	0.84**	0.82**	0.84**	0.85**	0.80**
% G		0	0.46 ns	0.36 ns	0.46 ns	0.49 ns	0.43 ns
AF (dm <sup>2</sup> )			0	0.29 ns	0.99**	0.99**	0.95**
NFL				0	0.29 ns	0.28 ns	0.31 ns
NFR					0	0.98**	0.96 **
NS						0	0.91**
MS (g)							0

ns= no significativo; \* y \*\* significativos  $p < 0.05$  y  $p < 0.01$ , respectivamente

Tabla 5. Coeficiente de correlación de Pearson entre las características Índice de Sinantropía (IS), Porcentaje de germinación (% G), Área Foliar (AF), Número de Flores (NFL), Número de Frutos (NFR), Número de semillas (NS) y Materia Seca (MS), en Tlalquitenango, México.

Variable	IS	% G	AF (dm <sup>2</sup> )	NFL	NFR	NS	MS (g)
IS	0	0.65*	0.85**	0.51**	0.69*	0.83**	0.80**
% G		0	0.34 ns	0.24 ns	0.29 ns	0.09ns	0.30 ns
AF (dm <sup>2</sup> )			0	0.41 ns	0.85**	0.53*	0.93**
NFL				0	0.42 ns	0.28 ns	0.46 ns
NFR					0	0.40 ns	0.95 **
NS						0	0.49 ns
MS (g)							0

ns= no significativo; \* y \*\* significativos  $p < 0.05$  y  $p < 0.01$ , respectivamente

Baker (1974) afirma que las especies sinantrópicas tienen un crecimiento vigoroso, presentan un alto porcentaje de germinación en un amplio intervalo de condiciones ambientales y producen más frutos y semillas. En *Physalis*, esta tendencia se observó en los ambientes evaluados, ya que los coeficientes de correlación entre éste índice y % de germinación fueron consistentes, con valores de 0.66\*\* (Texcoco) y 0.65\*\* (Tlalquitenango) (Tablas 4 y 5). En este estudio existió una fuerte correlación entre el área foliar y número de semillas con el índice de sinantropía; para el área foliar de 0.84\*\* y 0.85\*\* y en el número de semillas de 0.85\*\* y 0.80\*\* en

Texcoco y Tlalquitenango, respectivamente. Lo anterior sugiere que la producción elevada de área foliar y semillas son características inherentes a las especies sinantrópicas. Asimismo, Grime (1982) concluyó que la maleza en los cultivos son plantas anuales con alta tasa de potencial de crecimiento y cuyo ciclo de vida tiende a completarse sin periodos de descanso entre la germinación y la formación de semilla; esfuerzo reproductivo que se ve cristalizado a través de eventos fenológicos tales como la floración y producción de semillas, los cuales son importantes para la supervivencia de las especies.

En Texcoco, otras correlaciones positivas y altamente significativas se establecieron entre AF y NFR, NS y MS; NFR con NS y entre NS y MS. En Tlalquiltenango, la variable AF se relacionó con las características NFR, NS y MS; finalmente la característica número de semillas se asoció positivamente con materia seca (Tablas 4 y 5).

### Regresión

Las rectas de regresión entre el índice de sinantropía y las características área foliar y número de semillas presentadas en las Figuras 7 y 8 muestran un coeficiente de determinación altamente significativo de 0.92\*\* y 0.89\*\*, respectivamente. Lo que indica, que el modelo de regresión lineal empleado explicó el 92% de la variación de los datos en la variable área foliar mientras en el número de semillas, el modelo explicó el 89% de la variación de las observaciones. Asimismo, en dichas figuras se observa que los valores promedio estimados se acercan o ajustan a la recta de los valores esperados. Es notable destacar que los intervalos en el eje de las abscisas correspondiente al índice de sinantropía son de 0.1, lo cual indica que los datos no se alejan mucho de la línea de regresión.

La ecuación de regresión para Área Foliar:  $AF = 6784.7 IS - 6332.3$  significa que por cada unidad en el valor del índice de sinantropía el aumento en el follaje sería de  $452.4 \text{ dm}^2$ . Respecto a la variable número de semillas, la ecuación de regresión fue la siguiente:  $NS = 231.5 IS - 149.9$ ; lo que indica que por cada unidad en el índice de sinantropía el incremento en el número de semillas es de 81.6. Lo anterior es de singular importancia, ya que estas características como el incremento del área foliar, número de semillas y frutos le proporciona a los agricultores, el aprovechamiento de poblaciones silvestres *in situ*. (López-Sandoval, 2014) Otros campesinos, recolectan o extraen semillas e implementan un cultivo incipiente en huertos de traspatio, dando lugar al incremento de las plantas de interés (Montes y Aguirre, 1994). El aprovechamiento de un gran número de especies vegetales tiene un origen prehispánico, como ocurre con *Physalis* L., de la familia Solanaceae que produce frutos comestibles reconocidos comúnmente como tomate verde, de cáscara y miltomate ampliamente aceptados en el mercado local (Lira *et al.*, 2009; Vargas-Ponce *et al.*, 2016).

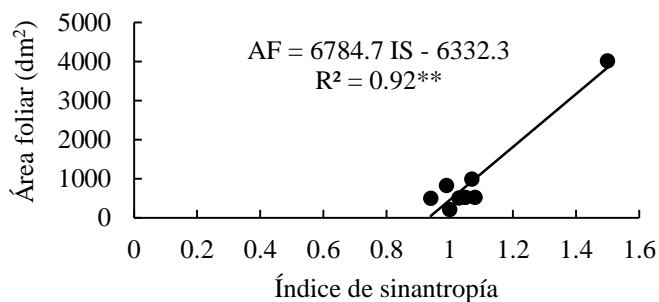


Figura 7. Relación entre el índice de sinantropía y área foliar de ocho especies de *Physalis* en Texcoco, México y Tlalquiltenango, Morelos (cada observación corresponde al promedio de las dos localidades).

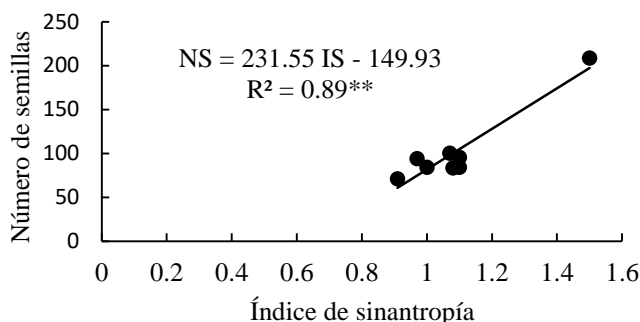


Figura 8. Relación entre el índice de sinantropía y número de semillas de ocho especies de *Physalis* en Texcoco México y Tlalquiltenango, Morelos (cada observación corresponde al promedio de las dos localidades).

## CONCLUSIONES

De las dos localidades ensayadas, Texcoco mostró las mejores condiciones ambientales para la adaptación de las especies sinantropicas de *Physalis*. Las especies con formas cultivadas *Physalis philadelphica* y *P. angulata* fueron las que presentaron mayor rendimiento de fruto. La interacción localidad por genotipo fue significativa en las variables número de hojas, número de frutos, semilla y materia seca. En Texcoco el número de semillas y en Tlalquitenengo el área foliar fueron las variables con mayor correlación con el índice de sinantropia. Se confirmó la hipótesis de que existe una correlación positiva entre la sinantropia y el área foliar y el número de semillas.

### Agradecimientos

El autor principal agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada (convenio No. 85447) doctorado. A la Universidad Autónoma del Estado de México por el permiso con goce de sueldo para realizar estudios de doctorado.

## REFERENCIAS

- Ayala, P.J.P. 1992. Caracterización de germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot) en Chapingo, México. Tesis de licenciatura. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.
- Baker, H.G. 1974. The Evolution of Weeds. Annual Review of Ecological Systems 5: 1 - 24.
- Danuso, F., Zanin, G., Sartorato, I. 2012. A modelling approach for evaluating phenology and adaptation of two congeneric weeds (*Bidens frondosa* y *Bidens tripartita*). Ecological Modelling 243: 33 - 41.
- Escalante, J.A., Kohashi, J. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. México.
- Espinosa-García F.J., Sarukhán, J. 1997. Manual de Malezas del Valle de México. Claves, Descripciones e Ilustraciones. Ediciones Científicas Universitarias, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica, México, D.F
- Espinosa, F.J., Villaseñor, J.L., Vibrans, H. 2004. Geographical patterns in native and exotic weeds of Mexico. Weed Technology 18: 1563 - 1569.
- García, E. 2005. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. 4ª ed. Talleres Offset Larios. México, D.F.
- Grime, J.P. 1982. Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación. LIMUSA, México, D. F.
- Gomez K.A., Gomez, A.A. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. John Wiley and Sons. USA. 704 p.
- Hanan, A., Vibrans, H., Ivalú, N., Villaseñor, J.L., Ortiz, E., Gómez, V.A. 2016. Use of herbarium data to evaluate weediness in five congeners. AOB plants 8: 1 - 11.
- Hart, R. 1976. An index for comparing weediness in plants. Taxon 25: 245 - 247.
- Hudson, W.D. 1986. Relationships of domesticated and wild *Physalis philadelphica*: In: Solanaceae: biology and systematics. D'Arcy WG (ed). Columbia Univ Press, New York. pp. 416 - 432.
- Kindscher K., Long Q., Corbett, S., Bosnak, K., Loring H., Cohen M., Timmermann B. 2012. The Ethnobotany and Ethnopharmacology of wild tomatillos, *Physalis longifolia* Nutt., and related species: A review. Economic Botany 66 (3): 298 - 310.
- Kuester, A., Conner, J.K., Culley, T., Baucom, R.S. 2014. How weeds emerge: a taxonomic and trait-based examination using United States data. New Phytologist 202: 1055 - 1068.
- Lira, S.R., Casas, A., Rosas, R., Paredes, M., Pérez, E., Rangel, S., Solís, L., Torres, I., Dávila P. 2009. Traditional knowledge and useful plant richness in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. Economic Botany 20: 1 -17.
- López-Sandoval, J.A. 2014. Índice de sinantropía, crecimiento y distribución de especies del género *Physalis*, subgénero Rydbergis, sección Angulatae. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Mera, L.M. 1987. Estudio comparativo del proceso de cultivo la arvense *Physalis chenopodifolia* Lamarck y *Physalis philadelphica* var. *philadelphica* cultivar Rendidora. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- SAS Systems for Windows 9.0 (en español). Consultado en diciembre del 2013.
- Montes, S., Aguirre, R.A.R. 1994. Etnobotánica del tomate mexicano (*Physalis philadelphica* Lam.). Revista de Geografía Agrícola: 163 - 172.
- Montes, S., Aguirre, R.J., García, E., González, V.F. 1991. Algunos efectos de la domesticación

- sobre la morfología del tomate *Physalis philadelphica*. *Agrociencia* 2(2): 7 - 26.
- Morales, R.E.J., Escalante, J.A., López-Sandoval, J.A. 2008. Crecimiento, índice de cosecha y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en unicultivo y asociado con girasol (*Helianthus annuus* L.). *Universidad y Ciencia* 24: 1 - 10.
- Morales, M.E.J., Morales-Rosales, E.J., Díaz, L.E., Cruz, L.J., Medina, A.N., Guerrero, C.M. 2015. Tasa de asimilación neta y rendimiento de girasol en función de urea y urea de liberación neta. *Agrociencia* 49: 163-176.
- Páez, A., Paz, V., López, J.C. 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate c.v. Río Grande en la época de mayo julio. Efecto de sombreado. *Revista Facultad de Agronomía* 17: 171 - 184.
- Pérez, M.L., Granados A.J. 2001. Fertilización nitrofosfórica en tomate de cascara *Physalis ixocarpa* Brot. de riego, en Irapuato, Gto, México. *Acta Universitaria* 11: 19 - 25.
- Ramadán, M. 2011. Bioactive phytochemicals nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.): an overview. *Food Research International* 44: 1830 - 1836.
- Rivera, M.R., Garza, C.L.E. 1989. Algunos aspectos de la ecofisiología de la germinación en *Physalis philadelphica*. *Acta Botánica Mexicana* 7: 33 - 41.
- Rivera-Madrid R., E. L. Garza-Caligaris y E. Rincón. 1989. Algunos aspectos de la ecofisiología de la germinación en *Physalis philadelphica*. *Acta Botánica* 7: 33 - 41.
- Rodríguez, B.A. 2010. Desarrollo de fruto y calidad de semilla de cinco variedades de *Physalis ixocarpa* Brot. en el Valle Del Fuerte, Sinaloa. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México.
- Santiaguillo, H.J.F., Yáñez S.B. 2009. Aprovechamiento tradicional de las especies de *Physalis* en México. *Revista de Geografía Agrícola* 43: 81 - 86.
- Serrano, A.D. 1998. Determinación del intervalo óptimo de cosecha y descripción fenológica de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) tipo salamanca. Tesis de licenciatura, Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Schwanitz, F. 1967. The origin of cultivated plants. Cambridge, Massachusetts: Harvard University, Press.
- Steel, R., Torrie, J. 1988. Bioestadística. New York, New York: Mc Graw Hill.
- Sutherland, S. 2004. What makes a weed a weed. Life history traits of native and exotic plants in the USA. *Oecologia* 141: 24 - 39.
- Vargas-Ponce O, Pérez L.F., Zamora, P., Rodríguez, A. 2011. Assessing genetic diversity in mexican husk tomato species. *Plant Molecular Biology* 29: 733 - 738.
- Vargas-Ponce O., Sánchez Martínez, J., Zamora-Tavares, M.P., Valdivia-Mares, L.E. 2016. Traditional management of a small-scale crop of *Physalis angulata* in Western Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 63: 1383 - 1395.
- Villaseñor, J.L., Espinosa, F.J. 1998. Catálogo de malezas de México. México, Distrito Federal: Fondo de Cultura Económica.