

Historia natural y biología reproductiva de la flor del tigre, *Tigridia pavonia* (Iridaceae)

Rebeca Velázquez-López, Zenón Cano-Santana y Xóchitl Damián-Domínguez

Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias,

Universidad Nacional Autónoma de México

fikita@gmail.com

Introducción

Tigridia pavonia (L.F.) DC. (Iridaceae) es una planta herbácea de 30 a 150 cm de altura con flores que tienen los segmentos del perianto fusionados a manera de copa, con tépalos de un llamativo color amarillo, púrpura o rojo con marcas claras o pálidas contrastantes (Molseed, 1970). Está ampliamente distribuida en México, pues se le halla en la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental, el Eje Volcánico Transversal, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre de Chiapas (Molseed, 1970) entre los 500 y 3500 m s.n.m. en ambientes arvenses o ruderales (Espejo-Serna y López-Ferrari, 1996). Es utilizada como flor de ornato, como alimento y como medicina por sus propiedades antipiréticas (Vázquez *et al.*, 2001a; Hayden 2002) y se le conoce comúnmente como flor de tigre, cacomit, hierba de la trinidad u oceloxóchitl (Rojo y Rodríguez, 2002). Esta planta se encuentra mencionada en los comentarios botánicos del *Códice Cruz-Badiano* y en el *Códice Florentino* aparece un dibujo hecho por tlacuilos, pero no es sino en la *Historia Natural de la Nueva España* de Francisco Hernández, donde se hace por primera vez la descripción de la planta y sus usos alimentarios y medicinales (Vázquez *et al.*, 2001a). Esta planta mantiene una de las flores más bellas y llamativas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, D.F. (México) (en lo sucesivo REPSA o Reserva del Pedregal). Por sus colores tan atractivos, sufre una extracción de especímenes más o menos frecuente: hemos registrado que en un periodo de un mes se extrajeron 30 bulbos en un parche de su distribución durante el 2007.

Tiene una gran variabilidad morfológica, ya que se han registrado nueve variedades que se diferencian por el color principal de la flor, el color de las manchas, el color del fondo, el número de flores por tallo y el número de frutos fértiles por tallo, entre otros rasgos (Vázquez *et al.*, 2001b). Sus semillas germinan mejor entre los 20 y 25 °C, y tardan en germinar 16.1 días a 20 °C y 19.6 días a 25 °C (Borys *et al.*, 2006). Vázquez *et al.* (2001a) encontraron que el mejor sustrato para cultivo es la materia orgánica (estiércol de equino) y que es útil utilizar el hongo micorrízico *Glomus fasciculatus* Thaxter. También encontraron que las semillas de un año tienen una viabilidad del 70 al 80%, y registran técnicas para su propagación y cuidados. A pesar de toda esta información, su biología floral y sus visitantes florales no han sido descritos, así como su mecanismo de polinización.

Por lo anterior, este estudio pretende conocer el tipo de fecundación de esta planta, su fenología reproductiva, la variación morfológica de sus flores, sus visitantes florales y la variación diurna de éstos.

Materiales y métodos

Especie de estudio

Tigridia pavonia ha sido descrita por Molseed (1970), según se expone a continuación. Tiene flores en cuya base hay una región nectarial; sus nectarios están dentro de un canal formado por el plegamiento de la parte media de los tépalos. Sus filamentos son connatos y las

anteras están libres y presentan dehiscencia longitudinal. Su estilo es filiforme y trifido con las ramas opuestas a los estambres y cada una de las ramas está profundamente dividida en dos brazos, con la parte estigmática en el ápice, y entre cada par de brazos del estilo se encuentra un mucrón. Sus flores duran sólo un día y su fruto es una cápsula trivalvada, de forma subglobosa que contiene semillas piriformes.

Sus óvulos son anátropos, bitégmicos y crasinucleares, y la protección de la semilla madura se ubica en la exotesta, el exotegmen, el endotegmen y el endospermo (Carrillo y Engleman Clark, 2002).

Tipo de fecundación

Para conocer el tipo de fecundación que experimenta *T. pavonia* y su efecto sobre el fruit-set y el seed-set, se desarrolló un experimento del 14 al 20 de agosto del 2007, que constó de seis tratamientos aplicados a 25 flores, los cuales incluyeron:

- (1) autogamia asistida con autopolinización manual y posterior encapuchamiento;
- (2) autogamia natural, sólo con encapuchamiento antes de la apertura de la flor;
- (3) heterogamia activa, llevando a cabo la polinización con una mezcla de polen de diez plantas y encapuchando las flores después;
- (4) agamospermia, con emasculación y encapuchamiento posterior;
- (5) xenogamia, con emasculación y sin encapuchamiento posterior de la flor; y
- (6) polinización abierta, sin manipulación de algún tipo (tratamiento control).

En todos los tratamientos los frutos se encapucharon, las semillas se colectaron y se contaron. Se seleccionaron 10 semillas al azar y se pesaron en una balanza analítica Mettler mod. AE 240.

Se aplicó un análisis de varianza de una vía para determinar el efecto del tratamiento sobre las variables obtenidas con el paquete estadístico SPSS ver. 15.

Fenología reproductiva

Para conocer el comportamiento fenológico reproductivo y la historia natural de la floración de esta especie,

entre el 13 y el 30 de agosto de 2006 y del 24 de julio hasta el 8 de septiembre del 2007 se hizo el seguimiento de la fenología reproductiva de todos los individuos de *T. pavonia* localizados en tres parches ubicados en las inmediaciones del Jardín Botánico Exterior. Además, se hizo la descripción de las fenofases por las que pasaron las estructuras reproductivas en 105 individuos en 2006 y 145 individuos en 2007, llevando a cabo visitas diarias.

Durante estas vistas se pudo registrar el número de flores que produce cada planta durante toda la temporada.

Variación morfológica

Para conocer la variación morfológica de las flores de *T. pavonia* entre julio y octubre de 2007 se hizo una selección de 48 plantas que tenían flores en antesis, a las cuales se les registró las siguientes medidas: diámetro del tallo, diámetro mayor de la planta (d_1) y diámetro perpendicular a éste (d_2) y número de hojas. Se seleccionó una flor de cada planta, a cada una de las cuales se le tomaron las siguientes medidas: longitud de los tres estigmas, longitud del filamento, longitud de las tres anteras, longitud de los tres tépalos interiores y los tres exteriores y diámetro de la corola. Con los datos de diámetro de la planta se calculó su cobertura (Cob) con la siguiente fórmula: $Cob = \pi ((d_1 + d_2)/4)^2$.

Visitantes florales y su variación diurna

Para conocer a los visitantes florales de *T. pavonia* en la REPSA, se hicieron colectas con redes aéreas y observaciones de campo de los animales que visitaran sus flores del 24 de julio al 8 de septiembre de 2007. Los organismos colectados fueron guardados en bolsas de papel glassine y depositados en una cámara letal con acetato de etilo. Posteriormente, fueron montados en el laboratorio y se identificaron al nivel más fino posible.

Por otro lado, para determinar los periodos diurnos de actividad de los visitantes florales se seleccionó un parche con más de 30 flores. Entre las 08:00 y las 16:00 h del 15 de agosto de 2007, se registró a cada hora el número de visitantes de cada especie en un periodo de 20 min. El muestreo terminó a las 16:00 h por lluvia.

Resultados

Tipo de fecundación

El fruit-set varió entre 52 y 64% en los tratamientos control, autogamia asistida, autopolinización manual, autogamia natural y heterogamia activa; sin embargo, en los tratamientos de agamosperma y xenogamia no se produjeron frutos (Tabla 1).

Tabla 1. Fruit-set (%) registrado en cada tratamientos de polinización sobre *Tigridia pavonia*. Ver tratamientos en Métodos. $N = 25$.

Tratamiento	Fruit set (%)
Autogamia asistida	60
Autogamia natural	52
Heterogamia activa	64
Agamosperma	0
Xenogamia	0
Control	56

No se encontró un efecto significativo del tratamiento (considerando sólo control, autogamia asistida, autopolinización manual, autogamia natural y heterogamia activa) sobre el número de semillas (seed-set) ($F = 0.334$, g.l.= 3,54, $P = 0.800$). Los frutos produjeron en promedio $91.6 \pm e.e. 0.5$ semillas (intervalo 0-170); sin embargo, el tratamiento sí afectó significativamente el peso de las semillas ($F = 3.47$, g.l.= 3,557, $P < 0.01$). Las semillas obtenidas de las flores sometidas al tratamiento control tuvieron significativamente menor peso que las obtenidas en los tratamientos autogamia asistida, autogamia natural y heterogamia activa (Fig. 1).

Fenología reproductiva

Las fenofases registradas fueron: (a) botón 0, que al tacto se siente hueco, (b) botón 1, que al tacto se siente sólido, (c) botón 2, en el que se observa la porción apical de los tépalos, (d) botón 3, en el que los tépalos están parcialmente extendidos, (e) flor en anthesis, cuando los tépalos están completamente extendidos y los estambres producen polen, (f) flor marchita, cuando los tépalos se contraen, languidece su color y los estambres ya no producen polen, y (g) fruto, desde que los tépalos se desprenden hasta que se dispersan completamente las semillas (Fig. 2).

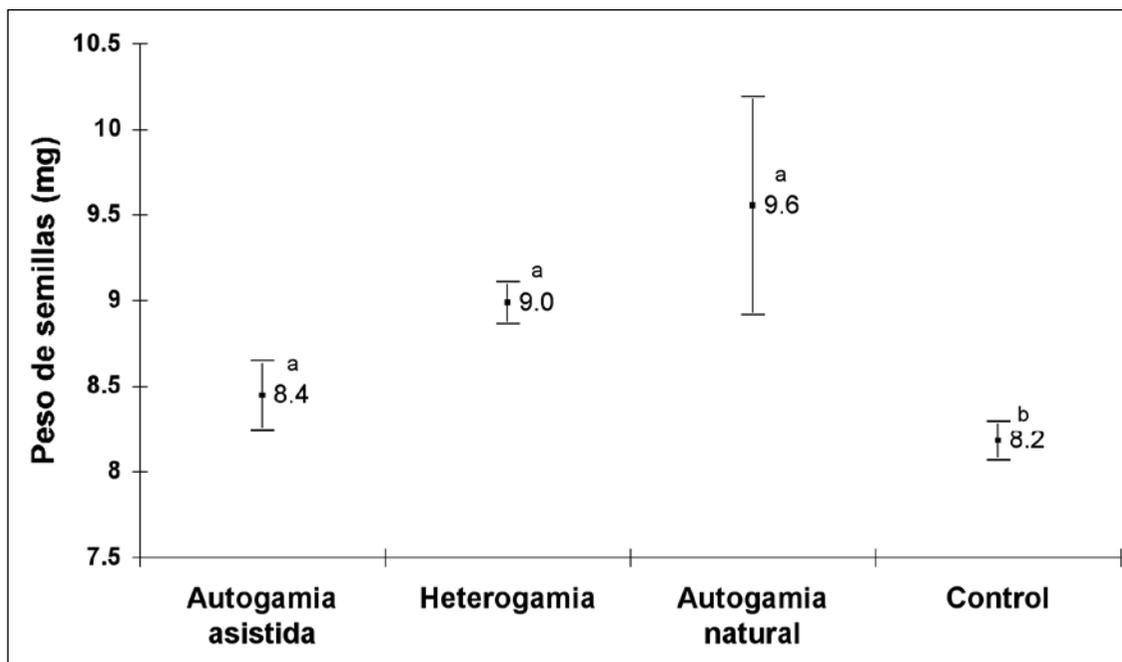


FIG. 1. Peso de las semillas (mg \pm e.e.) de *T. pavonia* provenientes de flores sometidas a cuatro tratamientos de polinización (ver Métodos). Letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (prueba de Tukey).

En 2006 los botones se empezaron a registrar desde el 13 hasta el 28 de agosto, las flores se registraron entre el 13 hasta el 29 de agosto y el pico de floración se registró el 20 de agosto (Figs. 3a y 4). En 2007 se registraron botones desde el 24 de julio hasta el 4 de septiembre, las flores en anthesis se registraron desde el 25 de agosto hasta el 7 de septiembre, alcanzando su pico el 22 de agosto, y los frutos se registraron por un periodo de más de tres meses desde el 24 de julio al 8 de enero (Fig. 3b). La dispersión de semillas inició a mediados de octubre.

La flor permanece abierta desde las 7:00 a las 18:00 h y cada planta produjo durante toda la temporada entre cero y nueve flores.

Variación morfológica

Las variables que tuvieron el menor coeficiente de variación fueron la longitud del tépalo interno, la longitud del tépalo externo, la longitud de la antera y la longitud de la columna del filamento, mientras que las registraron mayor coeficiente de variación fueron los rasgos somáticos, como la cobertura, el diámetro del tallo, la altura y el número de hojas, así como la longitud del ovario y del estigma, dentro de los rasgos de las flores (Tabla 2).

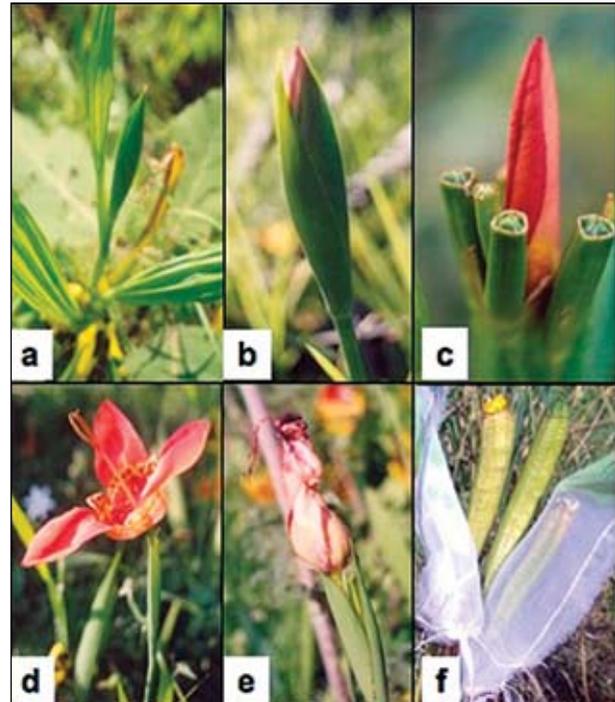
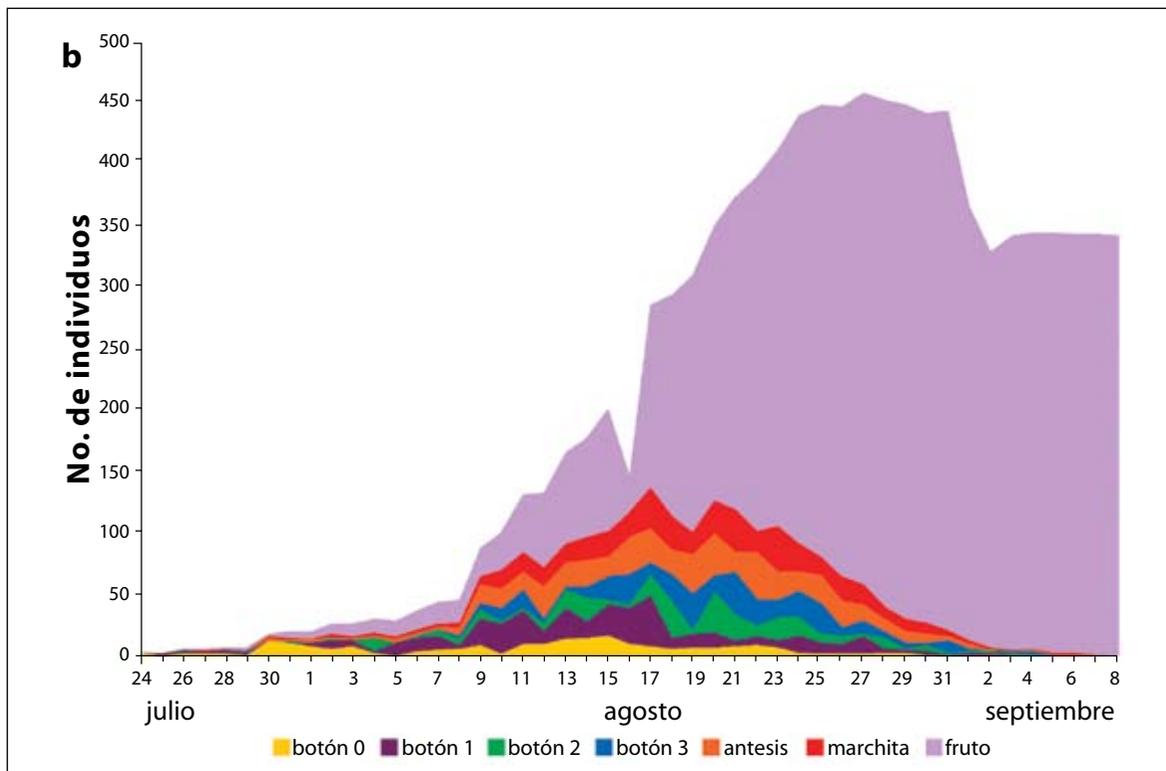
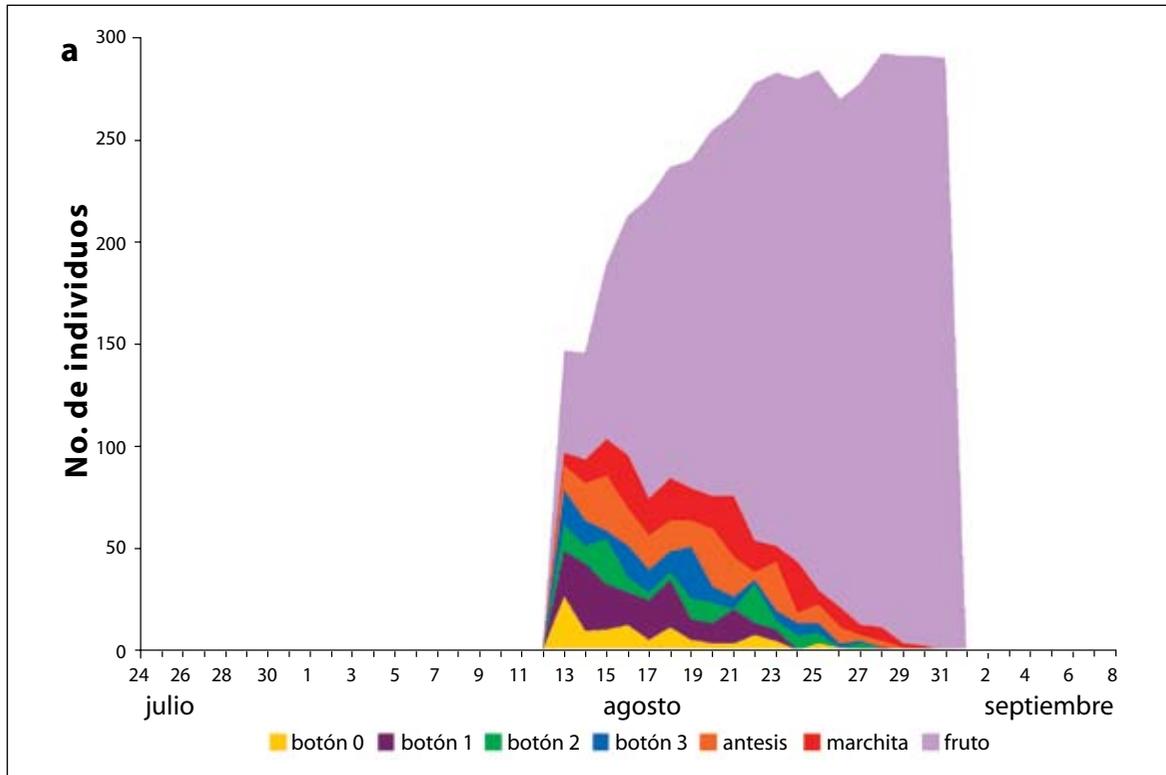


FIG. 2. Aspecto de las estructuras reproductivas de *T. pavonia* en distintas fenofases: (a) botón 0 y 1, (b) botón 2, (c) botón 3, (d) flor en anthesis, (e) flor marchita, y (f) fruto.

Tabla 2. Variación morfológica de caracteres reproductivos y vegetativos de *T. pavonia* y sus flores en la Reserva del Pedregal.

Caracter	Media \pm e.e.	Rango	N	C.V. (%)
Altura (cm)	69.9 \pm 3.7	28-111	48	36.9
No. hojas	4.2 \pm 0.2	2-10	48	33.7
Diámetro del tallo (mm)	8.6 \pm 0.5	0.7-18.9	48	42.9
Longitud del ovario (mm)	17.6 \pm 0.5	1.1-23.2	48	20.3
Longitud tépalo externo (mm)	80.6 \pm 0.8	62.2-98.0	144	12.2
Longitud tépalo interno (mm)	40.8 \pm 0.2	31.1-50.6	144	9.3
Longitud antera (mm)	19.6 \pm 0.2	15.4-23.8	144	9.6
Longitud estigma (mm)	18.2 \pm 0.3	9.1-27.6	144	19.6
Longitud de la columna del filamento (mm)	55.6 \pm 0.8	46.6-66.9	48	10.1
Cobertura (cm ²)	329.4 \pm 22.9	95.0-855.3	48	48.1
Diámetro flor (cm)	19.0 \pm 3.6	6.0-141.3	48	14.8

FIG. 3. Fenología reproductiva de *T. pavonia* en la Reserva del Pedregal. (a) 2006 ($N = 105$ individuos). (b) 2007 ($N = 145$ individuos). Las visitas al campo en 2006 iniciaron el 13 de agosto, mientras en 2007 iniciaron el 24 de julio.



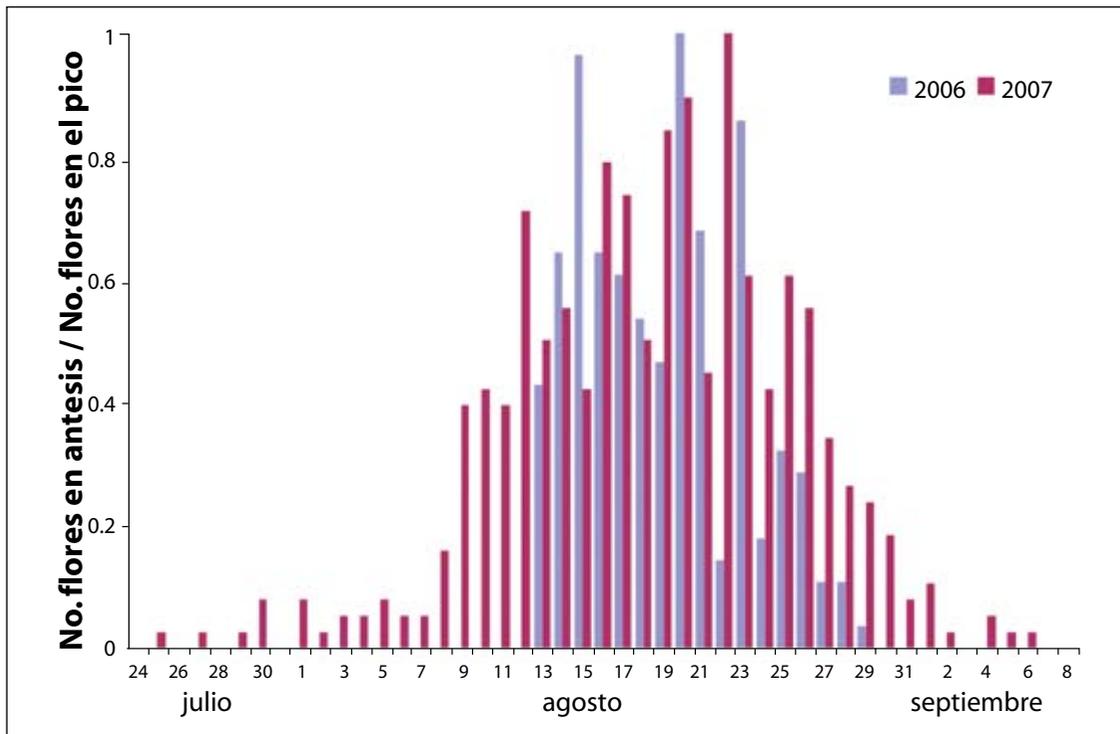


FIG. 4. Número relativo de flores en antesis de *T. pavonia* durante el periodo de estudio. Número de flores en antesis en el pico de floración: 2006: 28, 2007: 38.

Visitantes florales y su variación diurna

Los visitantes registrados incluyen insectos de cinco órdenes: una morfoespecie de coleóptero de la familia Bruchidae que se alimenta de néctar, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), que es nectarívora y su probable polinizador principal, *Dialictus* sp. (Hymenoptera: Apidae), el chapulín *Sphenarium purpurascens* Charpentier (Orthoptera: Pyrgomorphidae), que se alimenta de los tejidos florales, una especie de hemíptero no identificada que probablemente es fitófaga y los lepidópteros diurnos *Pterorus multicaudata* Kirby (Papilionidae), *Callophrys xami* Reakirt (Lycaenidae), *Phoebis sennae eubule* Linnaeus y *P. philea* Linnaeus (Pieridae), y un colibrí del género *Selasphorus* (Apodiformes: Trochilidae). Se observó que sólo *A. mellifera* lleva a cabo polinización activa, aunque también se alimenta del polen. Los coleópteros, las mariposas, las moscas y el colibrí pueden considerarse ladrones de néctar, ya que no tocan las anteras durante las visitas a la flor.

El visitante con mayor actividad fue *A. mellifera* con 162 registros, el cual visitó las flores durante todo el

periodo, pero presentando un pico de actividad a las 17:00 h (Fig. 5). El coleóptero de la familia Bruchidae, por su parte, tuvo 98 registros y mantuvo mayor actividad en la tarde entre las 14:00 y las 18:00 h, con un pico a las 17:00 h (Fig. 5). *Sphenarium purpurascens* tuvo diez registros entre las 12:00 y las 17:00 h. *Dialictus* sp. fue registrado entre las 10:00 y las 14:00 h. También se registró una visita de cada uno de los siguientes animales antófilos: una araña (Arachnida: Araneae) (a las 11:20 h), el colibrí *Selasphorus* sp. (a las 11:52 h), una hormiga (Hymenoptera: Formicidae) (a las 12:15 h), *Callophrys xami* (a las 13:06 h), una chinche (Hemiptera) (a las 14:09 h), y una mosca (Diptera) (a las 17:04 h).

Discusión

El peso de las semillas fue significativamente más bajo en el tratamiento control (polinización abierta) lo que significa que esta especie está limitada por polen. A pesar de esta limitación, la especie puede producir semillas por autogamia y su sistema de cruce es mixto. Este tipo de sistema incluye la posibilidad de reproducirse tanto por auto-

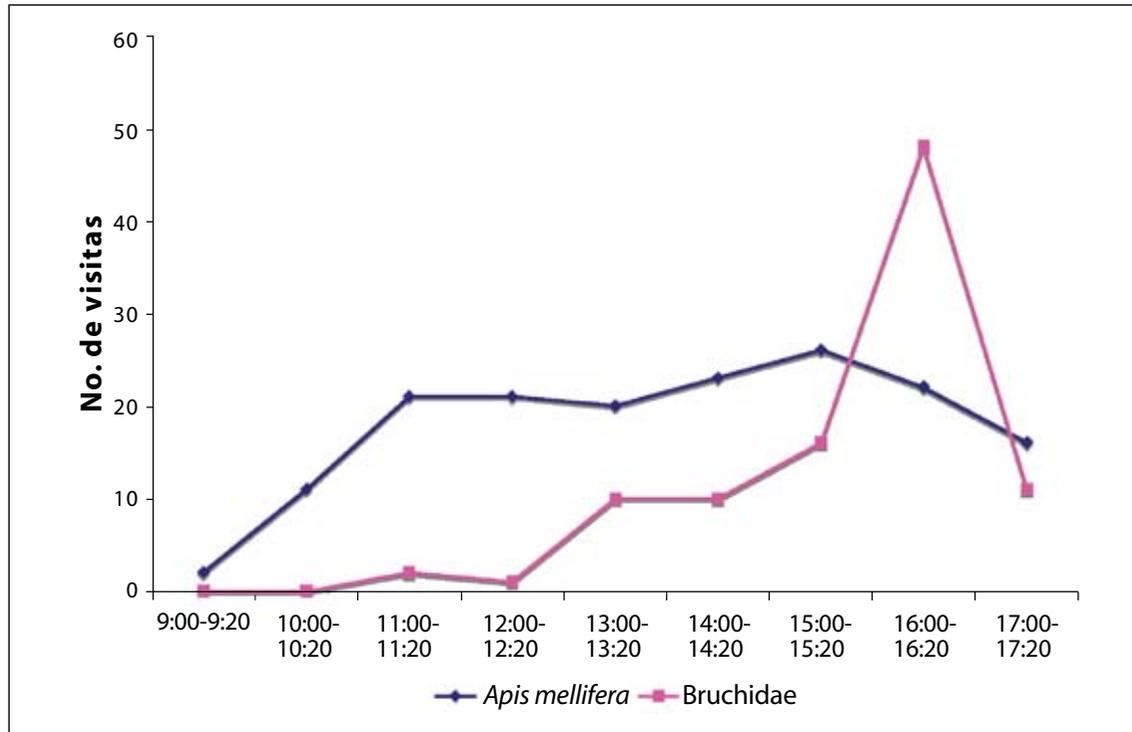


FIG. 5. Variación diurna de los visitantes de *T. pavonia* en la Reserva del Pedregal . Datos del 15 de agosto del 2007.

gamia como por heterogamia. La presencia de este tipo de sistema incrementa la proporción de óvulos fertilizados cuando se presentan condiciones desfavorables, tales como una baja frecuencia de polinizadores o una baja densidad de flores (Lloyd, 1992), este sistema puede ser un estado intermedio entre autogamia completa o heterogamia completa (Porcher y Lande, 2005). Existen diversos factores genéticos y ecológicos que ayudan a mantener esta estrategia, como la presencia de genes recesivos parcialmente deletéreos o la pérdida o reducción de vectores de polen (Goodwillie *et al.*, 2005). En el primer caso la planta puede producir semillas por autogamia sin que haya una reducción severa en su adecuación y, en el segundo, la planta sale beneficiada si se reproduce por autogamia. Esto está relacionado con el hecho de que la mayoría de visitantes, exceptuando a *A. mellifera*, no lleva a cabo un transporte de polen, sino que acuden a la planta en busca de néctar (como los coleópteros, las moscas, las mariposas y los colibríes), tejidos florales (como *S. purpurascens*), presas (como las arañas) o sitios de reposo (hormigas y chinches). Es posible que dada la diversidad de visitantes a las flores de *T. pavonia* se pueda realizar una polinización accidental. En este contexto, la producción de semillas por

polinización cruzada confiere variabilidad genética a la progenie, mientras que las semillas producidas por autogamia mantienen características fenotípicas favorables y disminuyen el costo de producir polen y óvulos en condiciones de baja disponibilidad de polinizadores.

Según Rodríguez *et al.* (2003) la variación en color, tamaño y forma del perianto en las especies de *Tigridia* indican que la adaptación a los polinizadores ha sido un factor importante en su diversificación ya que la arquitectura de las plantas de este género es muy compleja. En este trabajo se encontraron flores de mayor tamaño al reportado en la literatura que es de 10 a 15 cm de diámetro (Rzedowski y Rzedowski, 2005). Es posible que la edad de la planta y los recursos almacenados puedan influir en el tamaño de la flor producida.

Tigridia pavonia produce flores muy grandes que sólo duran un día, por lo que se puede suponer que la inversión de recursos es muy alta, y que la producción de polen y néctar restringe su duración (Bodil y Jens, 2004).

Esta planta en 2007 registró su pico de floración entre el 9 y el 30 de agosto, pero mantiene la producción de flores antes y después de este periodo alargando la temporada reproductiva. Este resultado es distinto al registrado por Rojo y Rodríguez (2002), quienes reportan que esta planta florece de septiembre a noviembre.

Aún falta conocer muchos aspectos de la biología de *T. pavonia* y las poblaciones silvestres asentadas en la Reserva del Pedregal pueden ofrecernos un sistema de estudio ideal para ello. Sin embargo, es necesario proteger sus poblaciones del significativo saqueo al que son sujetas.

Agradecimientos

Agradecemos a Daniel Velázquez López, Luisa Alejandra Domínguez Álvarez y María José López Gurrusquieta por su ayuda en el trabajo de campo. A la Dra. María del Carmen Mandujano Sánchez por la asesoría en el diseño experimental. Al Act. Martín Hernández Quiroz por su gran colaboración en el análisis de datos. Finalmente, le agradecemos a la Dra. Marcela López Cabrera y al Dr. David Velázquez Martínez por todo su apoyo.

Literatura citada

- BODIL, E. Y O. JENS. 2004. Flower production in relation to individual plant age and leaf production among different patches of *Corydalis intermedia*. *Plant Ecology*. **174**(1): 71-78.
- BORYS, M. W., H. LESZCZYNSKA-BORYS Y J. GALVÁN. 2006. Germinación de semillas en función de temperaturas de especies mexicanas con potencial ornamental. Pp. 24-32, en: Vázquez García, L.M. (ed.). Recursos genéticos ornamentales de México (Avances). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.
- CARRILLO O., A. Y M. ENGLEMAN CLARK E. 2002. Anatomía de la semilla de *Tigridia pavonia* (Iridaceae). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. **70**: 67-77.
- ESPEJO-SERNA, A. Y A. R. LÓPEZ-FERRARI. 1996. Comentarios florísticos ecológicos sobre las iridáceas mexicanas. *Acta Botanica Mexicana*. **34**: 25-47.
- GOODWILLIE, C., S. KALISZ Y C. G. ECKERT. 2005. The evolutionary enigma of mixed mating systems in plants: Occurrence, theoretical explanations, and empirical evidence. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*. **36**: 47-79
- HAYDEN, D. 2002. Jardines botánicos prehispánicos. *Arqueología Mexicana*, **10**(57): 18-23.
- LLOYD, D. G. 1992. Self- and cross-fertilization in plants. II. The selection of self-fertilization. *International Journal of Plant Science*. **153**: 358-369.
- MOLSEED, E. 1970. The genus *Tigridia* (Iridaceae) of Mexico and Central America. University of California, Berkeley.
- POCHER, E. Y R. LANDE. 2005. The evolution of self-fertilization and inbreeding depression under pollen discounting and pollen limitation. *Journal of Evolutionary Biology*. **18**: 497-508
- RZEDOWSKI, G. C. Y J. RZEDOWSKI. 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto Nacional de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro.
- RODRÍGUEZ A., L. ORTIZ-CATEDRAL Y E. HEATON. 2003. Tres nuevas localidades de tigrídias endémicas de México *Tigridia bicolor*, *T. matudae* y *T. vanhouttei* ssp. *Roldanii*. *Acta Botanica Mexicana*. **62**: 1-8
- ROJO, A. Y J. RODRÍGUEZ. 2002. La flora del Pedregal de San Ángel. Instituto Nacional de Ecología, México.
- VÁZQUEZ G., L. M., T. H. NORMAN M. Y M. DEL C. CORONA R. 2001a. Oceloxóchitl *Tigridia pavonia* (L.F.) DC. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca. 69 pp.
- VÁZQUEZ G., L. M., A. A. PRZYBYLA, E. DE LA CRUZ T., H. NAVARRO Y G. TORRES R. 2001b. Morphological description of nine botanical varieties of *Tigridia pavonia*. *Journal of Applied Botany*. **75**(1): 14-19