

EL EFECTO DE *TEGETICULA YUCCASELLA* RILEY (LEPIDOPTERA: PRODOXIDAE) SOBRE LA FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *YUCCA FILIFERA* CHABAUD (AGAVACEAE) EN LINARES, N.L., MÉXICO

Laura RENTERIA y César CANTÚ

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León

Ap. Postal 41, Linares, Nuevo León, C.P. 67700, MÉXICO

E-mail: l_arrieta@hotmail.com ccantu@fcf.uanl.mx

RESUMEN

Se registró la fenología de la floración y fructificación de *Yucca filifera* Chabaud (Agavaceae) y el efecto de *Tegeticula yuccasella* Riley (Lepidoptera: Prodoxidae) sobre su producción de semillas. *Yucca filifera* presentó un sólo periodo reproductivo durante 1998, el cual comenzó en febrero, alcanzando su máxima producción en marzo y abril, finalizando en mayo. *Tegeticula yuccasella* observó una eficiencia polinizadora del 67% y una intensidad de depredación de las larvas del 3.8% del total de semillas producidas por fruto. La mayor densidad de adultos de esta palomilla se presentó en el mes de marzo, coincidiendo con el periodo de mayor abundancia de flores maduras de *Y. filifera*.

Palabras Clave: *Tegeticula yuccasella*; *Yucca filifera*; Mutualismo Obligado; Depredación de Semillas.

ABSTRACT

We registered the phenology (flowering, fruiting) and evaluated the effect of *Tegeticula yuccasella* Riley (Lepidoptera:Prodoxidae) on seed production of *Yucca filifera* Chabaud (Agavaceae). *Yucca filifera* flowered only once during 1998, from February to May, with peak flowering in March-April. The moth exhibited a 67% of pollinating efficiency and 3.8% of seed mortality by larvae. The highest density of *T. yuccasella* adults was registered in March, coinciding with highest peak of *Y. filifera* flowering.

Key Words: *Tegeticula yuccasella*; *Yucca filifera*; Obligate Mutualism; Seed Predation.

INTRODUCCIÓN

Las especies del género *Yucca* (Agavaceae) son polinizadas de manera exclusiva por hembras de palomillas de la subfamilia Prodoxinae (Lepidoptera:Prodoxidae) (Kiester *et al.*, 1984), siendo considerada esta asociación como un ejemplo clásico de mutualismo obligado. El éxito de este mutualismo está determinado por varios factores interrelacionados, teniendo éste relaciones interespecíficas más complejas de las que actualmente se han apreciado (Powell, 1992). Huth y Pellmyr (1999) demostraron que las hembras de *Tegeticula yuccasella* Riley pueden evaluar un sitio potencial de oviposición, con base en la presencia previa de huevos o larvas conoespecíficas. Por otra parte, Huth y Pellmyr (2000) encontraron que la retención de los frutos y, consecuentemente de la sobrevivencia de *Tegeticula yuccasella* en *Yucca filamentosa*, depende de la cantidad de polen y tipo de polinización recibida. Asimismo, Marr *et al.*

(2000) demostraron que la calidad de polinización de *T. yucasella* determina la sobrevivencia de sus larvas en *Yucca filamentosa*; en la medida en que flores que reciben poco polen o polen de la misma planta, tienen una mayor probabilidad de abscisión.

Dieciséis especies de polinizadores de *Yucca* han sido descritas, quince de las cuales pertenecen al género *Tegeticula* y una al género monoespecífico *Parategeticula*, siendo probablemente, este último género y dos de las especies de *Tegeticula*, específicos al género *Yucca* (Kiester *et al.*, 1984). *Tegeticula yuccasella* es el polinizador más común en varias especies de *Yucca* en diversas localidades (Kiester *et al.*, 1984). Sin embargo, Pellmyr (1999) demostró que existen, al menos, once especies del género *Tegeticula* en el noreste de México.

Yucca filifera Chabaud es una especie ampliamente distribuida en las zonas semiáridas del centro y norte de México. Esta especie es polinizada por *T. yuccasella*, siendo a su vez, las semillas de esta planta, un medio insustituible para el desarrollo de la progenie del insecto (Powell, 1992).

Las relaciones ecológicas entre *Y. filifera* y *T. yuccasella* han sido poco estudiadas, por lo que existen aún grandes lagunas de conocimiento respecto a sus interacciones. Nuestro objetivo fue evaluar el efecto de la palomilla *T. yuccasella* en la producción de semillas de *Y. filifera*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación se desarrolló en la región del Baño de San Ignacio, ubicada en el sureste de Nuevo León, a 21 km al Este de la cabecera municipal de Linares (24° 54' N, 99° 21' W; altitud de 250 m snm).

Descripción de la fenología de flores y frutos de *Yucca filifera* en condiciones naturales.

En enero de 1998 se marcaron 20 individuos de *Y. filifera*, seleccionando individuos homogéneos en número de ramificaciones, altura y diámetro a la altura del pecho (d.a.p. 1.30 m).

Las plantas marcadas para la caracterización morfológica de *Y. filifera* fueron monitoreadas cada 15 días durante 1998 y 1999, registrando la presencia de las estructuras reproductivas en todos sus estados de desarrollo.

Se registraron las características de sus inflorescencias e infrutescencias, en relación a los estados de desarrollo de las flores y frutos, asignándoles un valor porcentual del orden: 0-25, 25-50, 50-75, 75-100, respecto a su abundancia relativa en las panículas (Cuadro 1 y 2).

Con el fin de evaluar el efecto de *T. yuccasella* sobre la producción de semillas de *Y. filifera*, se colectaron 134 panículas (inflorescencias/infrutescencias) en todas sus etapas fenológicas, entre los meses de marzo y agosto de 1998, colocándolas en bolsas de plástico para su traslado al laboratorio donde se analizaron posteriormente; registrando la cantidad y estado de desarrollo de sus flores y frutos.

Cuadro 1Caracterización de los estados fenológicos de las inflorescencias y flores de *Y. filifera*.

ESTRUCTURA	ESTADO FENOLÓGICO	CARACTERÍSTICAS
Inflorescencia	Inmadura	Primordio floral, sin botones florales aparentes
	Intermedia	Panícula con flores en sus tres estados de desarrollo
	Madura	Panícula sólo con flores maduras.
Flor	Inmadura	Perianto verde blanquecino, cerrado
	Intermedia	Perianto verde blanquecino, semiabierto; anteras cerradas sin polen
	Madura	Perianto blanquecino, abierto; anteras abiertas con polen maduro.

Cuadro 2Caracterización de los estados fenológicos de las infrutescencias y frutos de *Y. filifera*.

ESTRUCTURA	ESTADO FENOLÓGICO	CARACTERÍSTICAS
Infrutescencia	Inmadura	Panícula con frutos inmaduros
	Madura	Panícula sólo con frutos maduros
	Vieja	Panícula sólo con frutos viejos.
Fruto	Inmaduro	Ccon restos de perianto, estigma café, mesocarpio incipiente, verde blanquecino, semillas inmaduras blancas
	Maduro	Mesocarpio carnoso, amarillo, semillas maduras negras
	Viejo	Negro, exocarpio seco y papiráceo, semillas maduras negras.

Estimación del efecto de *Tegeticula yuccasella* sobre la fertilización de *Yucca filifera*.

Se analizaron 300 flores (100 correspondientes a cada uno de sus tres estados de desarrollo: inmaduras, intermedias y maduras), y 100 frutos maduros, que se disectaron para cuantificar sus óvulos y semillas.

Paralelamente, en 500 frutos maduros se determinó el número y grado de desarrollo de las semillas. Asimismo, se realizaron pruebas de germinación a semillas maduras

escarificadas mecánicamente (lija) y no escarificadas, bajo condiciones de laboratorio (germinadora Sheldom Manufacturing, Inc. Modelo 2005), a 27°C, durante 30 días y humedad constante (100%).

Estimación de la densidad de adultos de *Tegeticula yuccasella* mediante trapeos nocturnos con luz ultravioleta.

Durante la época de floración de *Y. filifera* se realizaron 11 muestreos nocturnos, dos veces por semana entre el 5 de marzo y el 18 de mayo de 1998. Los muestreos se realizaron de las 20:00 a las 21:00 hr y de las 21:00 a las 22:00 hr, colocando en el centro del área de estudio una trampa tipo "Texas" de rayos UV (luz negra) (Southwood, 1966). Esta lámpara fue accionada con una batería de 12 Volts. Los insectos fueron capturados en frascos con acetato de etilo, llevándolos al laboratorio, donde fueron identificados y cuantificados.

RESULTADOS

Fenología de *Yucca filifera*

Las 20 plantas de *Y. filifera* utilizadas para registrar su fenología reproductiva, presentaron un total de 103 rosetas. La altura media de las plantas fue de 5.3 ± 0.27 m, con un d.a.p. de 31.9 ± 4.9 cm y 48.4 ± 4.7 cm de diámetro del tallo a 10 cm del suelo. Sólo 15 de las 20 plantas estudiadas desarrollaron inflorescencias. El periodo reproductivo comenzó en el mes de febrero con la aparición de los primordios florales, observándose los primeros frutos a mediados de marzo (Fig. 1).

De las 47 inflorescencias producidas, sólo 13 (27.6%) alcanzaron la etapa de infrutescencia madura. La Figura 1 muestra las etapas de desarrollo de las inflorescencias e infrutescencias de *Y. filifera*, observándose para los meses de marzo y abril de 1998 todos los estados fenológicos de las flores y la primera fase del fruto.

Producción de óvulos y semillas de *Yucca filifera*.

Las flores maduras presentaron un promedio de 154.4 óvulos por flor, y al final de la maduración del fruto una media de 117.8 semillas por fruto (Cuadro 3). Estos resultados indican una efectividad de polinización de *T. yuccasella* del 76.3%. El número de óvulos presentes en las distintas etapas de desarrollo de las flores de *Y. filifera*, mostró un incremento de flores inmaduras a maduras. Los frutos maduros presentaron un menor número de semillas que el observado en óvulos de la última fase de la floración (Cuadro 3).

En el análisis de 500 frutos maduros, se encontraron tres diferentes condiciones de semilla y se registró un promedio de 101.5 semillas por fruto: 33.4 ± 18.9 fueron semillas subdesarrolladas (amarilla, colapsada), 64.2 ± 28.6 semillas sanas viables (negra, con cotiledón maduro) y 3.8 ± 7.0 maduras dañadas (negra, con orificios). Sólo en 83 de los 500 frutos maduros analizados se registraron 1.7 ± 0.26 orificios por fruto.

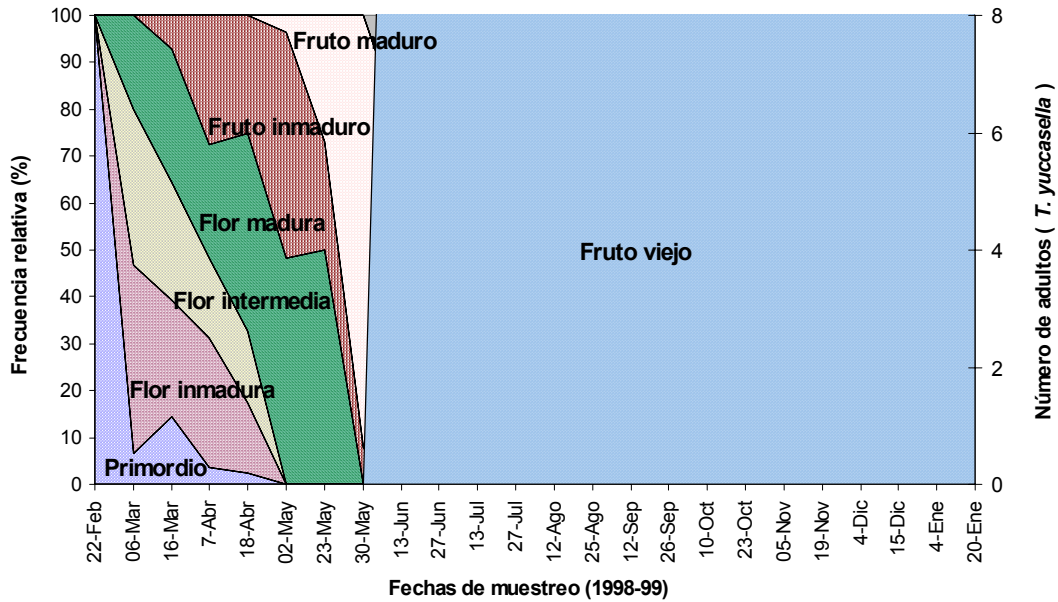


Figura 1

Porcentaje de los diferentes estados de desarrollo de *Yucca filifera* y número de adultos de *Tegeticula yuccasella*, registrados mediante el trampeo nocturno (●).

Cuadro 3

Óvulos de flores en tres etapas de desarrollo y semillas en frutos maduros de *Y. filifera* (promedio ± error estándar).

	Flores Inmaduras (n = 100)	Flores Intermedias (n = 100)	Flores Maduras (n = 100)	Frutos Maduros (n = 100)
Óvulos	129.78 ± 22.23	136.2 ± 24.49	154.38 ± 25.28	—
Semillas	—	—	—	117.84 ± 25.72

Germinación de semillas de *Yucca filifera*.

No encontramos diferencias significativas (F = 3.23, g. l.= 9, P = 0.103) entre la germinación de semillas escarificadas (51%, n = 100) y semillas no escarificadas (65%, n = 100).

Trampeo nocturno de adultos de *Tegeticula yuccasella*.

La mayor densidad de adultos de *T. yuccasella* se registró en el mes de marzo coincidiendo con el periodo en que se observó la mayor producción de flores maduras de *Y. filifera* (Fig. 1). Sin embargo, pese a que en el mes de mayo las flores de *Y. filifera* aún estaban presentes, no se registró ninguna palomilla de *T. yuccasella* (Cuadro 4).

Cuadro 4

Número de hembras y machos de *T. yuccasella* capturados mediante el trampeo nocturno con luz ultravioleta (promedio \pm error estándar).

Hora	Marzo		Abril	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos
20:00 – 21:00 hr (n=11)	0.25 \pm 0.98	0.75 \pm 1.08	0	0
21:00 – 22:00 hr (n=11)	0	1 \pm 1.39	0	0.2 \pm 0.88

DISCUSIÓN

Yucca filifera presentó un sólo periodo reproductivo al año, con floración del 75% de las plantas observadas. El periodo reproductivo inició en el mes de febrero con la producción de los primordios florales y concluyó en mayo. La producción de frutos se presentó de marzo a mayo, superponiéndose a la etapa de floración. Sin embargo, los frutos maduros alcanzaron su máximo desarrollo en mayo, permaneciendo en la planta hasta el mes de agosto. Este patrón de floración de *Y. filifera* difiere del reportado por Orta (1980), quién registró la etapa de floración del género *Yucca* para el noreste de México, entre los meses de abril y junio, y el desarrollo del fruto de julio a agosto.

En el mes de mayo se registró la máxima producción de flores maduras: 148.9 \pm 89.9 flores por inflorescencia. Powell (1992) demostró que en poblaciones monocárpicas de *Y. whipplei*, cada planta produce cientos o más de 3,000 flores por inflorescencia; en tanto *Y. glauca* produjo de 30 a 70 flores por inflorescencia. Gilstrap y Ludwig (1985) en un estudio realizado en dos poblaciones de *Y. elata*, obtuvieron en uno de los sitios 67% de floración y 83% en el otro.

La cantidad de óvulos presentes en las flores maduras de *Y. filifera* y el número de semillas encontradas en los frutos maduros, indican una alta fertilización producida por la palomilla *T. yuccasella*.

El número de orificios por fruto maduro que registramos para *Y. filifera*, probablemente signifiquen la densidad de descendientes de *T. yuccasella* por fruto. Sin embargo, no se descarta que los orificios hayan sido producidos por algún parasitoide. Bronstein y Ziv (1997) reportaron para *Y. schottii* un promedio de 15 semillas destruidas por *T. yuccasella* en cada fruto. Mientras que Dodd y Linhart (1994) observaron en los

frutos de *Y. glauca* un 19% de semillas destruidas, señalando además, que aproximadamente 49% de los frutos tuvieron más de una larva por lóculo (8.2 ± 0.9 larvas por fruto).

Wallen y Ludwig (1978) encontraron en *Y. baccata* un 27% de semillas consumidas por las larvas, con una media de 7.5 larvas por fruto. Powell (1992) determinó que el número de larvas de *Tegeticula* por fruto es consistentemente bajo. En *Y. glauca*, *Y. whipplei* y *Y. filamentosa* la mayor parte de los frutos presentaron una larva por lóculo, promediando menos de seis. Huth y Pellmyr (2000) demostraron que la prevalencia de una larva por lóculo es el resultado de la habilidad de una hembra para detectar una previa oviposición conespecífica.

De la cuantificación realizada de semillas por fruto maduro, se encontró que por cada cuatro semillas depredadas por larvas de *T. yuccasella*, se produjeron 96 semillas viables por la acción polinizadora de las hembras, cuya tasa de germinación fue de 65% bajo condiciones de laboratorio. Patiño *et al.* (1983) reportaron una germinación para *Y. filifera* del 57%. Dicho valor difiere del consignado por Villa (1967), que reportó entre 80 y 90% de germinación para *Y. filifera*. Rodríguez y Ramírez (1997) registraron para *Y. schidigera* una germinación de 49.8%.

Una gran sincronización entre la producción de flores y emergencia de *Tegeticula* fue observada en *Yucca filamentosa* y *Y. schottii*, cuyos periodos de floración ocurrieron en lapsos de 15 a 30 días, apareciendo la palomilla apenas uno o dos días después de iniciada la floración, persistiendo las palomillas hasta el final de la misma. Para otras especies de *Yucca* se ha registrado que el periodo de floración es mayor a la presencia de las palomillas (Powell, 1992). Esto coincide con nuestros resultados para *Y. filifera* y *T. yuccasella*, ya que las flores se observaron de marzo a mayo y solamente en marzo y abril se colectaron palomillas de este lepidóptero en el trapeo nocturno.

La mayor densidad de adultos de *T. yuccasella* se registró en marzo, mes en que fueron más abundantes las flores maduras de *Y. filifera*, existiendo una sincronización bien definida entre la máxima producción de flores maduras y la presencia de adultos en vuelo de palomilla.

Conclusiones

Yucca filifera presentó un sólo periodo reproductivo al año, iniciando su floración en el mes de febrero y finalizando en mayo; registrándose en marzo la mayor producción de flores maduras y la presencia de adultos en vuelo de *Tegeticula yuccasella*. Las flores maduras de *Y. filifera* presentaron un promedio de 154 óvulos teniendo al final de su desarrollo un total de 118 semillas maduras, lo que representa una fertilización del 76% por parte de *T. yuccasella*.

AGRADECIMIENTOS

Hacemos patente nuestro agradecimiento al Consejo Norteamericano para la Conservación de Humedales (NAWCC) (Grant 14-48-98210-G012) por el apoyo financiero otorgado para la realización del presente estudio. Asimismo, a Olle Pellmyr por su apoyo en la identificación de los insectos.

LITERATURA CITADA

- Bronstein, J. L. & Y. Ziv.** 1997. Costs of two non-mutualistic species in a yucca/yucca moth mutualism. *Oecologia* 112: 379-385.
- Dodd, R. J. & Y. B. Linhart.** 1994. Reproductive consequences of interactions between *Yucca glauca* (Agavaceae) and *Tegeticula yuccasella* (Lepidoptera) in Colorado. *Am. J. Bot.* 81: 815-825.
- Gilstrap, R. J. & J. A. Ludwig.** 1985. Fruit production by *Yucca elata* Engelm. (Liliaceae) in four Chihuahuan Desert habitats. *Southwest. Nat.* 30: 321-322.
- Huth, C. J. & O. Pellmyr.** 1999. Yucca moth oviposition and pollination behavior is affected by past flower visitors: evidence for a host-marking pheromone. *Oecologia*, 119:593-599.
- _____. 2000. Pollen-mediated selective abortion promotes evolutionary stability of mutualism between yuccas and yucca moths. *Ecology*, 81: 1100-1107.
- Kiester, A. R., R. Lande & D. W. Schemske.** 1984. Models of coevolution and speciation in plants and their pollinators. *Am. Nat.* 124: 220-243
- Marr, D. L., J. Leebens-Mack, L. Elms & O. Pellmyr.** 2000. Pollen dispersal in *Yucca filamentosa* (Agavaceae): the paradox of self-pollination behavior by *Tegeticula yuccasella* (Prodoxidae). *Am. J. Bot.* 87: 670-677.
- Orta, A.** 1980. Las *Yucca*: recurso natural del desierto. Serie El Desierto. Ed. Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, Coah. , México. Vol 3. pp. 135-143.
- Patiño, V., P. De La Garza, Y. Villagómez, I. Talavera & F. Camacho.** 1983. *Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales*. Bol. Div. 63, SARH, SF, INIF. México, D.F.
- Pellmyr, O.** 1999. A systematic revision of the yucca moths in the *Tegeticula yuccasella* complex north of Mexico. *System. Entomol.* 24: 243-271.
- Powell, J.** 1992. Interrelationships of yuccas and yucca moths. *Trends Ecol. Evol.* 7: 10-15.
- Rodríguez, T. D. & L. Ramírez.** 1997. La semilla de *Yucca schidigera* Roehl ex Ortigies. *Revista Chapingo. Ciencias Forestales* 1: 47-53.
- Southwood, T.** 1966. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. Methuen and Co. LTD. 204 pp.
- Villa, V. J.** 1967. *Contribución al Conocimiento de la Ecología y Distribución Geográfica de Yucca filifera Chab. y Yucca decipiens Trel. en el Estado de San Luis Potosí*. Tesis de Licenciatura de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. IPN.
- Wallen, D. R. & J. A. Ludwig.** 1978. Energy dynamics of vegetative and reproductive growth in Spanish bayonet (*Yucca baccata* Torr.). *Southwest. Nat.* 23:409-422.

Recibido: 22 de octubre 2001
Aceptado: 8 de enero 2003