

Modelo fenológico de *Ochlerotatus caspius* (Pallas, 1771) (Diptera, Culicidae) en las marismas de Huelva (España)

Phenological model of *Ochlerotatus caspius* (Pallas, 1771) (Diptera, Culicidae) in the Huelva marshes (Spain)

Esperanza Cano¹; Roberto del Tío² y José Luis Martínez³

1. Departamento de Fisiología y Zoología. Facultad de Biología. Universidad de Sevilla. Avda. Reina Mercedes, 6. 41012 Sevilla. ecano@us.es 2. I.E.S. Andrés Benítez. Avda. Doctor Fleming, s/n. 11407 Jerez de la Frontera. Cádiz. oro@correo.cop.es

3. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Escuela Superior de Ingenieros. Universidad de Sevilla. Avda de los Descubrimientos s/n. 41092 Sevilla. camel@us.es

PALABRAS CLAVE: Modelo fenológico, *Ochlerotatus caspius*, Culicido, Mosquito, Días Grado, Huelva, España.

KEY WORDS: Phenological model, *Ochlerotatus caspius*, Culicidae, Mosquito, Degree-days, Huelva, Spain.

RESUMEN

En este trabajo se realiza una aproximación a la predicción de emergencias estivales de imagos de *Ochlerotatus caspius* en base a la relación entre las capturas acumuladas de imagos y la acumulación de días grado (en función de la temperatura del agua) en las Marismas de Huelva. Esta especie de culicido es la más abundante en la zona, y de ella se han determinado tres generaciones estivales por año, cada una de las cuales muestra una relación lineal entre la captura de imagos y la acumulación de días grado. Además las capturas totales anuales también muestra una alta correlación lineal estadísticamente significativa, lo que le da a los resultados capacidad predictiva.

ABSTRACT

This study is an approximation to the prediction of the summery emergence of adults of the species of the most abundant culicidae during the summer in the Huelva marshes, *Ochlerotatus caspius*, based on the relationship between degree-days accumulations (water temperature) and adult captures in the Huelva marshes (SW of Spain). This relationship shows to be significantly linear for each generation of this mosquito throughout the year. Jointly processing all data of the available years also results in a high linear correlation, statistically significant, and, consequently, the proposed equations have predictive value.

1. INTRODUCCIÓN

En el sureste de España, provincia de Huelva, existen áreas de marismas de inundación fluvio-marinas (concretamente la desembocadura de los ríos Guadiana, Carreras, Piedras, Odiel y Tinto), de notable interés geográfico y ecológico. Desde los años 60 el drenaje natural de esta zona ha sufrido grandes cambios, debido a sendos crecimientos de núcleos tanto urbanos como industriales, provocando una ampliación de las zonas susceptibles de producir focos larvarios de mosquitos, y consecuentemente un aumento desmesurado de las poblaciones de culicidos. Ello ha obligado a las autoridades a emprender estudios de ordenación territorial y a diseñar estrategias racionales de control de mosquitos. *Ochlerotatus caspius* (Pallas, 1771) es el culicido más abundante en la época estival en esta zona, se trata de una especie cuya larva es principalmente halófila,

con apariciones ocasionales en agua dulce. Todos los aspectos biológicos de este mosquito han sido muy estudiados y son muy conocidos para esta zona (LÓPEZ, 1989) debido, además, a su conocido potencial como vector de enfermedades, como por ejemplo el virus Tahyna, entre otras (BECKER *et al.* 2003).

La técnica basada en el cálculo de acumulaciones de temperatura con objeto de obtener una correlación con el número de insectos capturados en trampas, asume una relación directa entre el número de insectos capturados y la tasa de emergencia de su población, y esta última está directamente influida por el calor que el insecto recibe durante las fases preimaginales. Estas relaciones han sido utilizadas por muchos autores, resultando ser altamente lineal para muchos insectos, sobre todo en lepidópteros, y se ha usado para realizar predicciones acerca del desarrollo de especies cuya fenología está especialmente

influida por la temperatura, incluso para tomar decisiones relativas a su control en el caso de las plagas (POTTER & TIMMONS, 1983; AHMAD & ALI, 1995; JUDD & GARDINER, 1997; DEL TÍO *et al.*, 2001).

En el presente trabajo se pretende caracterizar la relación existente entre las capturas de adultos de *Ochlerotatus caspius* y la acumulación de temperatura calculada en días grado, para así poder establecer un modelo fenológico de la especie en la zona de las marismas de Huelva.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

La toma de muestras se ha llevado a cabo en el Municipio de Aljaraque, provincia de Huelva, en tres estaciones de muestreo (Fig. 1) (Coordenadas UTM PB760273, PB762271, PB761269). Esta zona se encuentra sometida a unos fuertes cambios climáticos estacionales, con inviernos húmedos y veranos secos y sin agua excepto en las grandes pozas. Los ritmos estacionales pasan a ser quincenales en primavera y otoño, debido a la influencia de grandes mareas, próximas a las equinocciales, que producen inundaciones progresivas. El drenaje de los esteros de esta zona no ha sido significativamente modificado a pesar de la construcción de carreteras en zonas cercanas.

La captura de imágos se ha realizado durante los años 1994, 1995 y 1996, mediante 6 trampas de luz actínica con láminas adhesivas transparentes (dos en cada estación). La periodicidad del muestreo ha sido diaria durante los tres años de estudio (desde 1 de enero a 31 de diciembre). Cada muestra era cuantificada y en todas se identificaban las especies que se encontraban presentes. Con estos datos se han elaborado las curvas

de vuelo pertinentes para *Oc. caspius*. En todos los casos las primeras capturas anuales de imágos de *Oc. caspius* en estas trampas son las que se consideran en el estudio.

Los datos de temperatura de la zona de Aljaraque han sido facilitados por el Centro Meteorológico de Andalucía Occidental.

Para analizar los datos de captura se ha utilizado un programa informático basado en el propuesto por ALLEN (1976) para realizar los cálculos de días grado. Los días grado se han calculado utilizando un umbral inferior de desarrollo del insecto, en agua, de 4°C y un umbral superior de 32°C según los datos calculados para el desarrollo en el agua de esta especie en la zona (LÓPEZ 1989). Para el cálculo de días grado correspondiente a la primera generación se tomó como fecha la de inicio de los muestreos para empezar los cálculos. Para las otras generaciones consideradas los cálculos siempre se iniciaron desde la fecha en la que se completó el 50% del total de las capturas de adultos de la generación anterior. De hecho, el período de tiempo que se requiere para capturar el 50% de la población de adultos es aproximadamente el mismo que el que hay entre la aparición de los primeros adultos y las primeras ovoposiciones con las que dará comienzo la generación siguiente, según los datos de la fenología de este culicido en estas latitudes (SINEGRE, 1974; GABINAUD, 1975; LÓPEZ, 1989).

Finalmente, se obtuvieron las ecuaciones de las rectas de regresión correspondientes a las correlaciones entre los porcentajes acumulados de todas las capturas de adultos de cada vuelo considerado, transformadas en probit, y la acumulación de días grado correspondiente a cada fecha de captura, transformadas en escala logarítmica para así conseguir una relación lineal con la transformación en probit de la acumulación de capturas de adultos. Se han obtenido ecuaciones de cada vuelo computando los datos de todos los años disponibles en cada caso, con objeto de caracterizar de manera general, para esta zona, las relaciones descritas anteriormente.

3. RESULTADOS

El total de individuos capturados ha sido de 1547, de los cuales 1502 corresponden a *Oc. caspius* y el resto a *O. detritus* y *Culex pipiens*.

Con los datos de capturas de *O. caspius* se ha elaborado una curva de vuelo para cada año (Fig. 2). Así, teniendo en cuenta los datos sobre la duración de cada fase del ciclo fenológico de esta especie en la zona (LÓPEZ, 1989), las capturas obtenidas se han correspondido a emergencias de tres generaciones distintas.

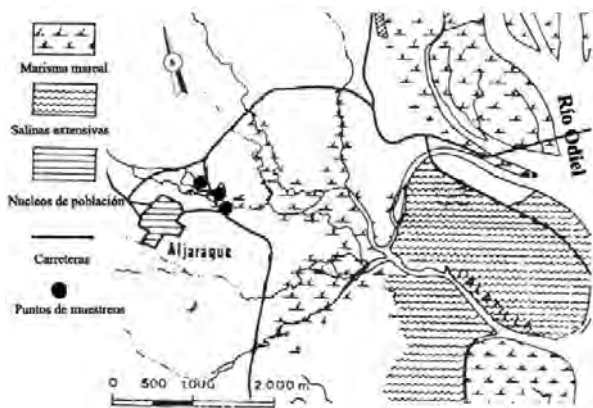


Figura 1.—Localización de la zona de estudio.
—Location of the study area.

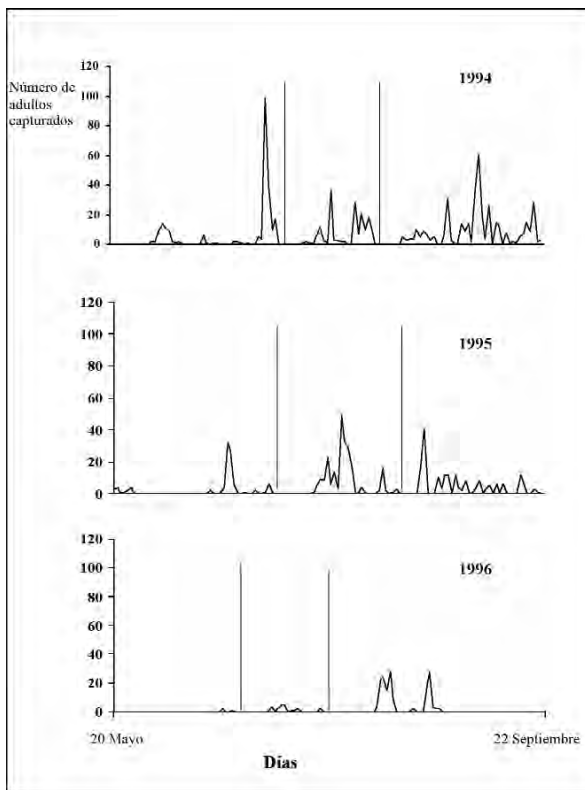


Figura 2.—Curvas de vuelo para cada año del estudio. Se muestra la parte del vuelo correspondiente a cada generación considerada.

—Flights curve in the target area during 1994, 1995 and 1996. The estimated separation of the three flights considered is also shown.

En todos los casos las correlaciones lineales entre la acumulación de calor y la captura de adultos (Tabla I), en cada una de las tres emergencias consideradas para los tres años, son estadísticamente significativas (nivel de confianza 5%), ya que los valores de F son mucho más altos que el valor tabular. Indicar que, debido al extremadamente bajo número de capturas en el considerado como primer vuelo de 1996 (Fig. 2), no se ha realizado la regresión, como en los años 1994 y 1995, aunque se han utilizado los datos como punto de partida para llevar a cabo los cálculos sobre los vuelos siguientes. Además los coeficientes de correlación (r) son muy altos, especialmente en las regresiones correspondientes a los considerados como segundo y tercer vuelos, con valores por encima de 0,9 en todos los casos, siendo así mismo, los errores estándar (SE) muy bajos.

Las rectas de regresión realizadas con todos los datos anuales disponibles para cada vuelo (Tabla II) aparecen representadas en las Figura 3 (a, b, c), resultando también en este caso los coeficientes de correlación altos y los errores estándar asociados bajos. Tanto las ecuaciones como los coeficientes de correlación de las consideradas como primera y tercera generaciones son muy semejantes a los resultados obtenidos cuando se consideraron los datos de cada año por separado. Sólo en el caso del estimado como segundo vuelo, el coeficiente de regresión resulta un poco alejado de los valores obtenidos al considerar cada año por separado.

Tabla I.—Ecuaciones de las rectas de regresión de la relación obtenida entre las capturas de adultos y la acumulación de días-grado usando los datos de cada año y de cada vuelo por separado.

—Linear equations showing temperature accumulations versus adult captures during 1994, 1995 and 1996 and flight separated

Vuelo	Año	Recta de regresión	df	F	Intervalos de Confianza		r	SE
					Corte con eje Y	Pendiente		
1º	1994	$y=19,8317x - 63,8540$	21	27,8	-74,237 a -53,471	16,664 – 22,999	0,7548	0,84
	1995	$y=21,7185x - 69,6446$	12	30,6	-81,061 a -58,229	18,223 – 25,213	0,8475	0,89
2º	1994	$y=10,8286x - 25,0294$	17	92,9	-27,883 a -22,175	9,730 – 11,928	0,9194	0,6
	1995	$y=16,1627x - 42,3489$	16	284	-44,993 a -39,705	15,497 – 16,829	0,9729	0,4
	1996	$y=15,7407x - 37,4129$	6	157	-40,856 a -33,970	14,438 – 17,044	0,9814	0,31
3º	1994	$y=7,4375x - 16,6469$	32	207	-18,120 a -15,174	6,927 – 7,949	0,9307	0,51
	1995	$y=9,5256x - 22,8147$	18	100	-25,572 a -20,058	8,589 – 10,464	0,9207	0,45
	1996	$y=18,0719x - 48,3839$	10	50	-55,489 to -41,279	15,579 – 20,565	0,9129	0,67
df.- grados de libertad; r.- coeficiente de correlación; SE.- Error Estándar								

4. DISCUSIÓN

La acumulación de días grado ya se ha mostrado útil para predecir la aparición de imagos de otras especies del género *Aedes* (*Ochlerotatus*) utilizando la temperatura del aire para realizar los cálculos (TENG & APPERSON, 2000), al igual que en estudios similares realizados con otros grupos de insectos (AHMAD & ALI, 1995; AHMAD *et al.*, 1995; CRAVEDI & MAZZONI, 1994; DEL TÍO *et al.*, 2001). Pero las fases larvaria y pupal, de los culícidos, se desarrollan en un medio acuático, es por lo que en el presente trabajo las temperaturas utilizadas son las correspondientes al agua.

La relación entre capturas de imagos de *Oc. caspius*, en trampas y la temperatura, expresada como acumulación de días grado, presenta una relación lineal con significación estadística. Por tanto, las ecuaciones obtenidas por correlación pueden considerarse una caracterización del vuelo de *Oc. caspius* y podrían ser utilizadas como una herramienta más para predecir el comportamiento temporal de las poblaciones de adultos, con toda la extensión práctica que puede derivarse en este caso.

El principal problema encontrado se refiere sobre todo a diferentes aspectos de la recta de regresión correspondiente al primer vuelo; pues, como ya se ha indicado, la elección del momento en el que se empiezan a calcular los días grado es arbitraria, no corresponde a ningún evento biológico. Hecho que no ocurre en los casos del segundo y tercer vuelo, al empezar a sumar días grado desde el momento en el que se ha estimado que ya se han producido el 50% de las emergencias de adultos procedentes de ovoposiciones de una generación anterior.

Sin embargo, al agrupar los datos de todos los años considerados (Tabla II) es el estimado como segundo vuelo el que presenta unos resultados más dispares, lo que repercute en el coeficiente de correlación, como ya se ha señalado. Lo cual indica que, en general, ha habido una respuesta distinta de la población, un requerimiento distinto de días grado en cada año para completar este segundo vuelo.

No obstante, sería importante considerar aspectos adicionales que puedan variar la cantidad de días grado que se requieren para completar el ciclo de la especie, como la fecha en la que se den variaciones maréales en la zona, pues los huevos de esta especie son depositados en el suelo y las eclosiones generalmente ocurren sólo cuando se inundan (LÓPEZ, 1989). Pero la imposibilidad de conocer la fecha en la que se inundan los huevos correspondientes a la población no hace disminuir la bondad de los resultados obte-

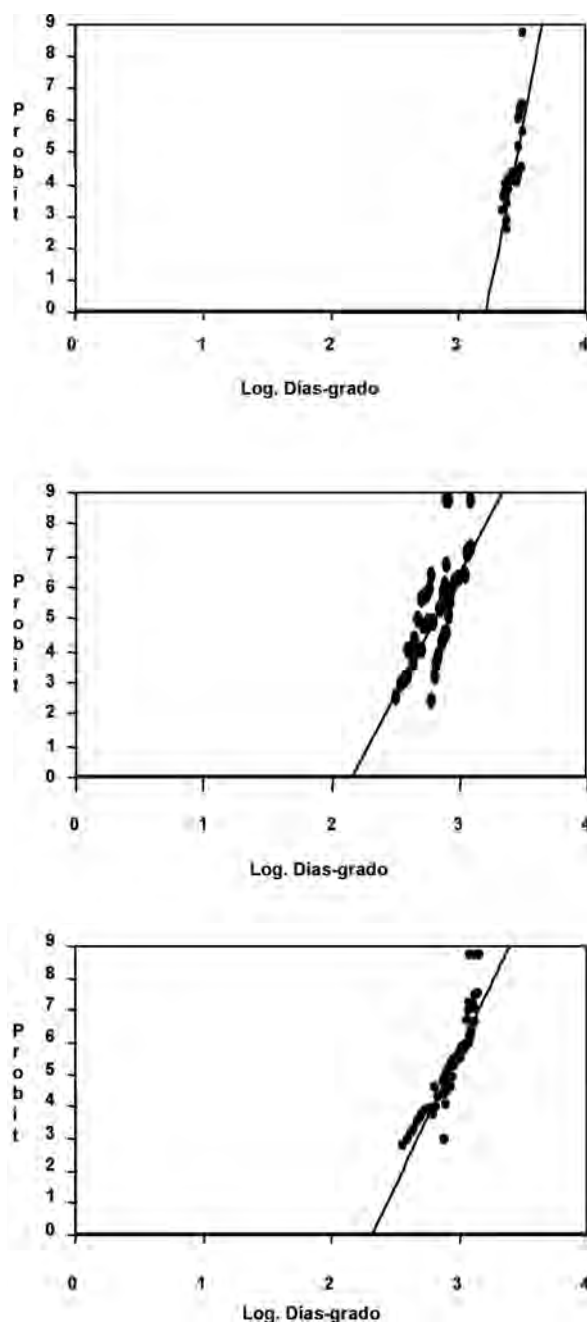


Figura 3.—Recta de regresión —Liner regresion:
a) para el primer vuelo-First flight. b) para el segundo vuelo-Second flight.. c) para el tercer vuelo-Third flight.

nidos; el conocimiento de ese dato sólo podría hacerlos mejorar. Incluso con él no podríamos desprendernos de una ligera distorsión, pues no podríamos conocer, sin un altísimo control sobre la experiencia, cuando se inundan los primeros y cuando los últimos. Así pues, el objetivo de estandarizar la población de adultos de este mosquito, sobre la base de la temperatura que reciben

Tabla II.—Rectas de regresión lineal entre las capturas de adultos y la acumulación de días-grado realizadas con los datos anuales para cada vuelo.

—Regression equations between temperature accumulations and adult captures obtained by processing all available data.

		Primer vuelo	Segundo vuelo	Tercer vuelo
Ecuación Reg.		$y=20,4220x - 65,6217$	$y=7,6656x - 16,5518$	$y=8,3660x - 19,3468$
df		35	43	64
F		51,47	51,62	261,06
I.C.	Pendiente	18,0251 – 22,8189	6,5730 – 8,7582	7,9341 – 8,7979
	Y int.	-73,442 a -57,802	-19,498 a -13,606	-20,830 a -17,864
r		0,7715	0,7263	0,8962
S.E.		0,9088	1,0957	0,6125
df.- grados de libertad; I.C.- Intervalos de confianza; r.- coeficiente de correlación				
S.E.- Error estándar; Y int.- Corte con el eje Y				

las fases preimaginales, puede considerarse conseguido en alto grado con los métodos y resultados aquí expuestos; es más, los resultados finales refuerzan el hecho de que las estimaciones previas a los cálculos no dejan de ser correctas, aunque no se puede perder de vista que las ecuaciones de las rectas de regresión pueden ajustarse aún más.

Evidentemente, otros aspectos importantes que mejorarían los resultados serían la adición de datos completos de otros años, en los que además se tuviera en cuenta la influencia de otros factores ambientales sobre la ovoposición, como la salinidad, el contenido orgánico del suelo, las asociaciones de plantas y la cubierta vegetal (METGE & HASSAÏNE, 1998).

Es obvio que estos resultados son susceptibles de mejorar si se aumenta la precisión de los cálculos de acumulación de días grado salvando las dificultades anteriores, es decir, comenzando los cálculos en fechas determinadas por eventos biológicos, y aumentando el número de años con muestreos mejorados. Pero el alto grado de relación lineal que mantienen las variables consideradas y la gran significación estadística de los resultados aquí presentados muestran que el método utilizado es fiable y tiene capacidad predictiva. Además, su simplicidad y el hecho de que otros estudios hayan ya mostrado una proyección práctica, en métodos de control de plagas (CRAVEDI & MAZZONI, 1994; AHMAD *et al.*, 1995) hacen que deban considerarse los resultados aquí expuestos como una herramienta más para abun-

dar en el conocimiento de las poblaciones de mosquitos y para predecir su comportamiento.

AGRADECIMIENTOS

A la Diputación de Huelva, y especialmente a Don Francisco Cáceres Benavides, por su inestimable ayuda para conseguir los datos.

Recibido el día 27 de abril de 2005

Aceptado el día 27 de noviembre de 2006

BIBLIOGRAFÍA

- AHMAD, T.R. & ALI, M.A. 1995. Forecasting emergence and flight of some *Ephestia* spp (LEP., Pyralidae) based on pheromone trapping and Degree-Day accumulations. *Journal of Applied Entomology*, **119** (9): 611-614.
- AHMAD, T.R., ALI, M.A. & HAMAD, B.S. 1995. Using Degree-Days Model to Determine the Optimum Spray Timing for the Codling Moth *Cydia pomonella* (L) (LEP., Olethreutidae). *Journal of Applied Entomology*, **119**(2): 143-144.
- ALLEN, J.C. 1976. A modified sine wave method for calculating degree-days. *Environmental Entomology*, **5** (3): 388-396.
- BECKER, M., ZGOMBA, M., BOASE, C., DAHL, C., LANE, J. KAISER, A. & PETRIC, D. 2003. Mosquitoes and their control. 518 págs. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- CRAVEDI, P & MAZZONI, E. 1994. Verification of the relation between degree-days and pheromone trap catches of *Lobesia botrana* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera: Tortricidae). *REDIA*, **LXXVII**(1): 109-122.

- DEL TÍO, R., MARTÍNEZ, J.L. OCETE, R. & OCETE, M.E. 2001. Study on the relationship between sex pheromone trap catches of *Lobesia botrana* (Den. & Schiff.) (Lep. Tortricidae) and the accumulation of degree-days in Sherry vineyardas (SW of Spain). *Journal of Applied Entomology*, **125**: 9-14.
- GABINAUD, A. 1975. *Ecologie de deux Aedes holophiles du littoral méditerranéen français: Aedes (Ochlerotatus) caspius* (Pallas, 1771), *Aedes (Ochlerotatus) detritus* (Haliday, 1833) (Nematocera). Utilisation de la végétation comme indicateur biotique pour l'établissement d'une carte écologique. Application en dynamique des populations. Tesis Doctoral. Universidad de Languedoc. Montpellier. 451 págs.
- JUDD, G.J.R. & GARDINER, M.G.T. 1997. Forecasting phenology of *Orthosia hibisci* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae) in British Columbia using sex-attractant traps and degree-day models. *Canadian Entomology*, **129**: 815-825.
- LÓPEZ, S. 1989. *Control integral de mosquitos en Huelva*. Sevilla. Junta de Andalucía. 340 págs.
- METGE, G. & HASSAÏNE, K. 1998. Study of the environmental factors associated with oviposition by *Aedes caspius* and *Aedes detritus* along a transect in Algeria. *Journal of American Mosquito Control Association*, **14** (3): 283-288.
- POTTER, D.A. & TIMMONS, G.M. 1983. Forecasting emergence and flight of the lilac borer (Lepidoptera: Sesiidae) based on pheromone trapping and degree-day accumulations. *Environmental Entomology*, **12** (2): 400-403.
- SINEGRE, G. 1974. *Contribución à l'étude physiologique d'Aedes (Ochlerotatus) caspius* (Pallas, 1771) (Nematocera-Culicidae). *Eclosion-Dormance-Développement-Fertilité*. Tesis Doctoral. Universidad de Montpellier. 285 págs.
- TENG, H.J. & APPERSON, C.S. 2000. Development and Survival of Immature *Aedes albopictus* and *Aedes triseriatus* (Diptera: Culicidae) in the Laboratory: Effects of Density, Food, and Competition on Response to Temperature. *Journal of Medical Entomology*, **37** (1): 40-52.