

Efectos de diferentes concentraciones salinas sobre el desarrollo de larvas y pupas de *Anopheles aquasalis* Curry, 1932 (Diptera: Culicidae) en condiciones de laboratorio

Cruz Gómez, Frances Osborn

Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas, Universidad de Oriente, Cumaná, Estado Sucre, Venezuela. E-mail: fosborn2001@yahoo.com

Resumen

GÓMEZ C, OSBORN F. 2002. Efectos de diferentes concentraciones salinas sobre el desarrollo de larvas y pupas de *Anopheles aquasalis* Curry, 1932 (Diptera: Culicidae) en condiciones de laboratorio. *Entomotropica* 17(2):121-127.

Anopheles aquasalis es el principal vector de la malaria en el estado Sucre, Venezuela. Las larvas de esta especie se encuentran mayoritariamente en criaderos de agua salobre. Se estudian los efectos de diferentes concentraciones de sal sobre la sobrevivencia y el tiempo de desarrollo de las larvas y pupas de *A. aquasalis* en condiciones de laboratorio. Las larvas fueron criadas en concentraciones salinas de 0 %, 5 %, 10 %, 20 %, 30 % y 40 % en agua potable. La mortalidad larval y la fecha del cambio de estadio fueron registradas diariamente. La sobrevivencia y esperanza de vida inicial fueron mayores en las larvas criadas en los intervalos de 10 % a 40 % de salinidad, comparado con larvas criadas en 0 % y 5 % de salinidad. Las duraciones totales de las fases inmaduras se ajustaron a un modelo cuadrático; $y = 9,002 - 0,116x + 0,003x^2$, siendo la duración menor para larvas criadas a 10 % y 20 % de salinidad. Se concluye que las larvas están fisiológicamente adaptadas a agua salobre, especialmente agua que contiene entre 10 % y 20 % de salinidad. Esta información podría ser útil para predecir cuales criaderos son más propicios para soportar poblaciones altas de *A. aquasalis*.

Palabras clave adicionales: Agua salobre, crecimiento, sobrevivencia, zancudos.

Abstract

GÓMEZ C, OSBORN F. 2002. Effects of different saline concentrations on the development of larvae and pupae of *Anopheles aquasalis* Curry, 1932 (Diptera: Culicidae) under laboratory conditions. *Entomotropica* 17(2):121-127.

Anopheles aquasalis is the main malaria vector in Sucre state, Venezuela. The larvae of this species are salt water tolerant. The effects of different concentrations of salt on the survival and development time of larvae and pupae were studied under laboratory conditions. The larvae were maintained in salt concentrations of 0 %, 5 %, 10 %, 20 %, 30 % and 40 % in bottled water and daily recordings of larval mortality were made as well as the dates of change of instar. The proportion of larval survival and initial life expectancy were higher in larvae raised in 10 % - 40 % of salt compared with larvae raised in 0 % and 5 %. The total duration of the immature phases could be adjusted to a quadratic model; $y = 9.002 - 0.12x + 0.003x^2$, with larvae raised in 10 % and 20 % of salt showing the most rapid development. We conclude that the larvae are physiologically adapted to salt water conditions, especially water containing between 10 % and 20 % of salt. This information could be useful for predicting which breeding grounds are most likely to support large populations of *A. aquasalis*.

Additional key words: Growth, mosquitos, survival, salt water.

Introducción

Anopheles (Nyssorhynchus) aquasalis Curry, 1932 ha sido reconocido como vector de la malaria producida por *Plasmodium vivax* en toda la costa noroeste y noreste de América del Sur; desde Panamá hasta Ecuador en el Pacífico y desde Guatemala hasta el sur de Brasil, incluyendo las Antillas Menores y Trinidad en el Atlántico (Faran 1980; Flemming 1986). *A. aquasalis* tiene una distribución costera desde el estado Zulia hasta el estado Delta Amacuro, en Venezuela. Sin

embargo, es en el estado Sucre donde juega un papel importante como vector de la malaria (Moreno y Berti 1997).

Los estadios inmaduros de *A. aquasalis* se encuentran en diversos hábitats acuáticos, tales como: lagunas, caños, pantanos, manglares, potreros inundados, y otros; los cuales muestran variaciones en la salinidad entre 0,4 y 38,4 % (Berti et al. 1993). Aunque se ha estudiado el efecto de diferentes variables sobre la

sobrevivencia y el tiempo de desarrollo de las fases inmaduras de *A. aquasalis* en condiciones de laboratorio (Delgado 1996; 1998), el efecto de la salinidad sobre el desarrollo de esta especie aún no ha sido explorado. Si la concentración de sal afecta el desarrollo de *A. aquasalis*, ésta podría ser un factor que determine la distribución poblacional de esta especie.

El objetivo de este trabajo fue determinar si el desarrollo de las fases inmaduras de *A. aquasalis* son afectadas por la salinidad. Para ello, se estudian los efectos de diferentes concentraciones de sal sobre la sobrevivencia diaria y por estadio, la esperanza de vida, la mortalidad específica por edades, el factor de mortalidad clave por estadio y la duración de los estadios de las fases inmaduras de *A. aquasalis* en condiciones de laboratorio.

Materiales y Métodos

Área de colecta

El área de colecta de Muelle de Cariaco está situado a 10 m de la carretera entre los poblados de Muelle de Cariaco y Cerezal (lat 10° 29' N long 63° 34' O) y a aproximadamente un (1) km del extremo este del Golfo de Cariaco. Presenta una temperatura media anual entre 27 y 33 °C y una precipitación anual entre 600 y 1 000 mm, siendo septiembre y octubre los meses más lluviosos. El paisaje consiste de pastizales y pequeños bosques, además de lagunas permanentes y temporales. El área de colecta de Yaguaraparo está situado a 20 m de la carretera entre los poblados de Río Seco y Yaguaraparo (lat 10° 33' N long 62° 53' O). Presenta una temperatura entre 27 y 33 °C y una precipitación anual entre 1 400 y 1 500 mm, siendo los meses de máxima precipitación de julio a noviembre. El paisaje consiste de pastizales y bosques con abundantes criaderos tanto permanentes como temporales.

Muestreo de adultos y cría de las larvas

Las hembras adultas de *A. aquasalis* fueron colectadas mediante un aspirador-capturador, reposando en los marcos metálicos de un potrero ubicado cerca de Muelle de Cariaco (Sucre) y de un potrero en las cercanías de Yaguaraparo (Sucre). Posteriormente a la captura, las hembras fueron trasladadas en vasos de cartón parafinado, en grupos de 30 a 40 individuos por vaso, al Laboratorio de Control Biológico del Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas, Universidad de Oriente, Cumaná.

En el laboratorio, las hembras fueron colocadas por separado en vasos plásticos de 60 mL, con el fondo relleno de algodón humedecido con agua potable y cubierto con tres círculos de servilleta de papel blanca.

Las hembras fueron mantenidas en condiciones ambientales de 28,5 ± 1,5 °C, 80,0 ± 10,0 % de humedad y fotoperíodo de 12:12 horas (Delgado 1996; 1998).

Una vez que ovipusieron, las hembras fueron identificadas con la ayuda de la clave para adultos del género *Anopheles* elaborada por Cova-García y Sutil (1975). Las posturas obtenidas de hembras de *A. aquasalis* fueron colocadas en grupos de tres a cuatro posturas en bandejas plásticas de 30 x 22 x 7 cm con 200 mL de agua potable, con concentraciones salinas de 0 %, 5 %, 10 %, 20 % y 30 % respectivamente, para la eclosión (experimentos preliminares demostraron que muy pocas larvas eclosionaron en agua con 40 % de sal). Las larvas recién eclosionadas (entre 6-8 horas de edad) se distribuyeron en grupos de 50 larvas por bandeja, en 200 mL de agua potable, con las mismas concentraciones salinas utilizadas para la eclosión, excepto en el caso de las larvas eclosionadas en agua con 30 %, las cuales se dividieron en bandejas con concentraciones salinas de 30% y 40% respectivamente, para obtener una densidad larval de aproximadamente 0,15 larvas por cm² (Delgado 1998). La temperatura ambiental se mantuvo entre 31 ± 2 °C, y la humedad entre 70,0 ± 5,0 %. Diariamente se suministró una dieta a las larvas que consistió de una mezcla pulverizada de 55 % de alimento para peces (Ictiosan®), 15 % de levadura deshidratada, 15 % de hígado de res deshidratado, 7,5 % de espinacas deshidratadas y 7,5 % de hojuelas de avena (Quaker®). Esta mezcla fue añadida a las bandejas experimentales una vez por día, hasta el segundo estadio (0,1 mg/larva), y dos veces al día a partir del tercer estadio (0,4 mg/larva cada vez) (Delgado 1998).

Las bandejas fueron revisadas diariamente a la misma hora y se registró la fecha de cambio de estadio de las larvas y su mortalidad. El ensayo se repitió en tres ocasiones diferentes.

Construcción de las tablas de vida horizontal

A partir del número diario de larvas vivas (N_x), se construyeron las tablas de vida horizontal por día y por edad, y las curvas de sobrevivencia diaria, (Rabinovich 1980; Service 1993), para las fases inmaduras de *A. aquasalis*. Para las tablas de vida horizontal se calcularon los siguientes parámetros:

$$D_x: N_x - N_{x+1}$$

(Número de individuos que mueren entre las edades x y $x + 1$).

$l_x: N_x/N_0$	(Proporción de individuos que sobreviven a la edad estadio) x , donde N_0 = el tamaño inicial de la cohorte al empezar el ensayo).
$q_x: D_x/N_x$	(Probabilidad de morir entre la edad x y $x+1$).
$L_x: (l_x + l_{x+1})/2$	(Probabilidad promedio de sobrevivencia entre dos edades sucesivas).
$T_x: \Sigma L_x$	(Número total de días que le quedan por vivir a los sobrevivientes que han alcanzado la edad x).
$e_x: T_x/l_x$	(Esperanza de vida en días).
$N_i:$	(Número de larvas que sobrevivieron hasta el estadio i).
$K_i: \log(N_i) - \log(N_{i+1})$	(Variación de la mortalidad entre los estadios o factor de mortalidad clave).
$l_i: N_i/N_1$	(Proporción de individuos que sobreviven durante el estadio I, N_1 es el número de individuos del primer estadio al comenzar la cría).

La duración promedio de cada uno de los estadios se calculó a través de la siguiente fórmula (Reisen y Siddiqui 1979):

$$\text{Duración Promedio del Estadio} = \frac{\sum (\text{larvas} \cdot \text{Día}_n)}{\text{Total larvas} \times \text{estadio}}$$

$n = 1$ (día en que se observan por primera vez larvas del estadio en cuestión).

Análisis Estadístico

Los datos de porcentaje de mortalidad por estadio obtenidos por cada concentración de salinidad fueron transformados mediante el arcoseno $[(\text{proporción})^{1/2}]$, y los datos de la duración de los estadios fueron transformados mediante el $\log_{10}(x)$. El efecto de la salinidad sobre la sobrevivencia de los estadios fue analizado a través de un análisis de varianza de un factor (salinidad) y la prueba de comparaciones múltiples no-planeadas de SNK ($p < 0,05$; Underwood 1997), a los que previamente se les había realizado el test de Levene para determinar si existía homogeneidad de varianzas. El efecto de la salinidad sobre el factor de mortalidad clave (K_i) no pudo ser analizado estadísticamente debido a que hubo varianzas heterogéneas. Para evaluar el efecto de la salinidad sobre la duración de los estados inmaduros, se realizó un análisis de regresión curvilínea, modelo cuadrático (Sokal y Rohlf 1979).

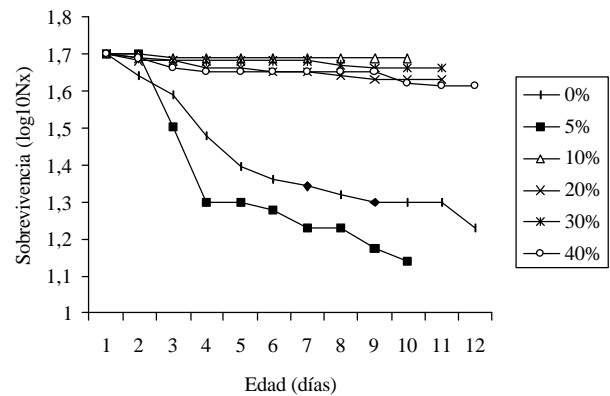


FIGURA 1. Sobrevivencia diaria (l_x) de larvas de *A. aquasalis* criadas en diferentes concentraciones salinas.

Resultados

A partir de los datos de las tablas de vida horizontal construidas para las fases inmaduras de *A. aquasalis* criadas en concentraciones de salinidad de 0 %, 5 %, 10 %, 20 %, 30 % y 40 %, se construyeron las curvas de sobrevivencia (l_x), esperanza de vida (e_x) y mortalidad específica por edades (q_x) (Figuras 1, 2 y 3).

Para las concentraciones de sal de 10 % a 40 %, la sobrevivencia se mantuvo por encima del 90 % hasta los seis días de edad, disminuyendo hasta un valor de 86 % a los nueve días en concentraciones de 30 % de sal y hasta el 82 % a los 11 días en concentraciones salinas de 40 %. Sin embargo, a concentraciones de 0 % y 5 % de sal la sobrevivencia se redujo rápidamente hasta el 60 % (0 %) y el 40 % (5 %) a los tres días, para finalizar en 40 % y 31 % a los 9 y 11 días, respectivamente (Figura 1).

La esperanza de vida inicial (e_0) en las larvas mantenidas en concentraciones salinas de 10 % a 40 % fue sustancialmente mayor (8,42 – 9,78) que la obtenida para los tratamientos de 0 % y 5 % (6,24 y 4,34, respectivamente) (Figura 2). De igual manera, las tendencias en las curvas de e_x para las larvas criadas en concentraciones salinas de 10 % a 40 % fueron muy similares, observándose una reducción lineal constante en la e_x desde el primer hasta el último día del ensayo. Por su parte, la e_x de los tratamientos de 0 % y 5 % se incrementó ligeramente en larvas de 1 - 3 días de edad, para luego descender de manera similar a las de las concentraciones salinas mayores (Figura 2).

La tasa de mortalidad específica por edades (q_x) fue bastante baja en las salinidades de 10 % a 40 %, observándose un pequeño incremento en la q_x en larvas de 10 – 12 días para el tratamiento de 40 % (Figura 3). A las concentraciones de salinidad de 0 % y 5 %, los máximos valores de q_x se produjeron en las larvas de

CUADRO 1. Proporción de larvas que sobreviven por estadio (l_i) de larvas de *A. aquasalis* criadas en diferentes concentraciones de salinidad. l_i = Proporción de sobrevivientes por estadio.

Estadio	L _i (N ₀ = 50)					
	0%	5 %	10 %	20 %	30 %	40 %
I	0,69 ^a ± 0,14	0,45 ^a ± 0,24	0,99 ^b ± 0,02	0,95 ^b ± 0,03	0,97 ^b ± 0,02	0,98 ^b ± 0,02
II	0,50 ^a ± 0,14	0,36 ^a ± 0,22	0,99 ^b ± 0,02	0,90 ^b ± 0,04	0,95 ^b ± 0,02	0,90 ^b ± 0,11
III	0,42 ^a ± 0,16	0,34 ^a ± 0,21	0,99 ^b ± 0,02	0,89 ^b ± 0,05	0,95 ^b ± 0,02	0,89 ^b ± 0,11
IV	0,40 ^a ± 0,16	0,33 ^a ± 0,20	0,99 ^b ± 0,02	0,87 ^b ± 0,04	0,95 ^b ± 0,02	0,87 ^b ± 0,12
P	0,40 ^a ± 0,16	0,31 ^a ± 0,17	0,98 ^b ± 0,03	0,86 ^b ± 0,05	0,91 ^b ± 0,02	0,81 ^b ± 0,12

L_i (N₀ = 50) = Proporción de sobrevivientes por estadio.

(*) Estadios de cada tratamiento seguidas por letras iguales no difieren significativamente. Análisis de varianza (Promedio ± DS), Prueba de comparaciones múltiples de SNK, P<0,05 (Underwood 1997).

CUADRO 2. Factor de mortalidad (K_i) de larvas de *A. aquasalis* criadas en diferentes concentraciones de salinidad. K_i = Factor de mortalidad clave (log N_i - log N_{i+1})

Estadio	k _i (N ₀ = 50)					
	0 %	5 %	10 %	20 %	30 %	40 %
I	0,169 ± 0,12	0,412 ± 0,28	0,006 ± 0,01	0,021 ± 0,01	0,015 ± 0,01	0,009 ± 0,01
II	0,153 ± 0,06	0,130 ± 0,12	0,000 ± 0,00	0,025 ± 0,01	0,006 ± 0,00	0,041 ± 0,06
III	0,096 ± 0,08	0,035 ± 0,04	0,000 ± 0,00	0,003 ± 0,01	0,000 ± 0,00	0,003 ± 0,00
IV	0,026 ± 0,02	0,005 ± 0,01	0,000 ± 0,00	0,009 ± 0,01	0,003 ± 0,00	0,014 ± 0,01
P	0,000 ± 0,00	0,005 ± 0,01	0,003 ± 0,00	0,007 ± 0,01	0,015 ± 0,01	0,029 ± 0,01
TOTALφ	0,445 ± 0,26	0,587 ± 0,38	0,009 ± 0,02	0,066 ± 0,03	0,040 ± 0,01	0,095 ± 0,08

k_i = Factor de mortalidad clave (log N_i - log N_{i+1}).

φ Es el promedio de la sumatoria de las duraciones por estadio para cada réplica.

CUADRO 3. Duración de las fases inmaduras de *A. aquasalis* criadas en diferentes concentraciones de salinidad.

Estadio	Duración del estadio (días) (N ₀ = 50)					
	0 %	5 %	10 %	20 %	30 %	40 %
I	1,72 ± 0,21	2,02 ± 0,50	1,03 ± 0,01	1,23 ± 0,19	1,98 ± 0,03	1,67 ± 0,47
II	1,65 ± 0,46	1,26 ± 0,33	1,04 ± 0,03	1,19 ± 0,04	1,00 ± 0,00	1,27 ± 0,38
III	1,77 ± 0,54	1,29 ± 0,30	1,15 ± 0,07	1,58 ± 0,28	1,35 ± 0,16	1,93 ± 0,07
IV	2,56 ± 0,42	2,29 ± 0,37	2,92 ± 0,06	2,48 ± 0,07	2,69 ± 0,41	2,78 ± 0,02
P	1,52 ± 0,15	1,58 ± 0,14	1,69 ± 0,07	1,52 ± 0,17	1,75 ± 0,04	1,72 ± 0,08
TOTALφ	9,22 ± 0,34	8,74 ± 0,56	7,83 ± 0,14	8,00 ± 0,39	8,77 ± 0,31	9,37 ± 0,21

φ Es el promedio de la sumatoria de las duraciones por estadio para cada réplica.

1 - 4 días de edad, siendo estos valores mucho mayores que los máximos q_x observados para todos los demás tratamientos a esas edades (Figura 3).

El incremento en las concentraciones salinas aumentó significativamente la proporción de larvas sobrevivientes de *A. aquasalis* (l_i), durante todos los estadios (ANOVA, P<0,05, GL 5) (Cuadro 1).

No se pudo realizar el ANOVA con los datos obtenidos del K_i debido a que la varianza fue heterogénea. Sin embargo, se puede resaltar que la varianza mayor ocurrió principalmente en larvas criadas a 0 % y 5 % durante los primeros dos estadios, y en menor grado en el tercer estadio (Figura 4).

El tiempo total de desarrollo desde el primer estadio hasta la emergencia del adulto fue el promedio de la sumatoria de la duración por estadio para cada réplica.

Al analizar la duración por estadio no hubo patrones claros; sin embargo, el análisis de las duraciones totales reveló que éstas se ajustan a un modelo cuadrático (y= 9,002 - 0,116x + 0,003x²), siendo la duración total menor para larvas criadas a 10 %, y con duraciones totales mayores hacia los extremos (F= 15,48; a= 0,0002; GL= 2; R²= 0,674) (Figura 5).

Discusión

En función de los resultados obtenidos, podemos afirmar que las fases inmaduras de *A. aquasalis* tienen una sobrevivencia mayor cuando son criadas en concentraciones salinas de 10 % a 40 %, comparadas con larvas criadas en agua dulce o con 5 % de sal. Es de notar que la sobrevivencia entre estadios no varía para larvas criadas en concentraciones salinas de 10 %, 20 %, 30 % y 40 %.

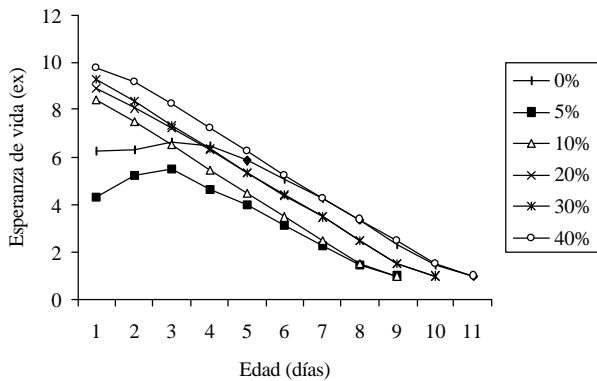


FIGURA 2. Esperanza de vida (e_x) de larvas de *A. aquasalis* criadas en diferentes concentraciones salinas.

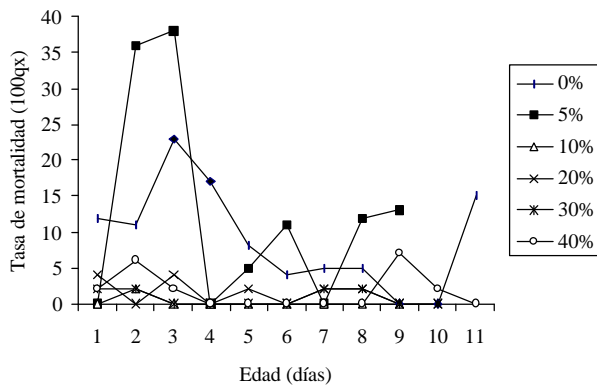


FIGURA 3. Tasa de mortalidad específica por edades (q_x) de larvas de *A. aquasalis* criadas en diferentes concentraciones salinas.

comparada con la sobrevivencia de larvas criadas en las demás concentraciones de sal. La mortalidad de larvas criadas en las demás concentraciones de sal ocurrió principalmente durante los primeros dos estadios, resaltando la susceptibilidad de las larvas jóvenes a cambios en la concentración de sal comparado con larvas de una edad mayor. El hecho de que las larvas criadas en 10 % de sal no murieron durante estos dos estadios implica que ésta es la concentración óptima de sal para esta población. Es interesante que aunque 81 % de las larvas criadas en 40 % de sal a partir de 6 – 8 horas de edad, sobrevivieron hasta adulto, muy pocas larvas eclosionaron en esta concentración salina (nosotros teníamos que utilizar larvas eclosionadas en 30 % de sal para realizar las tablas de vida de larvas en 40 % de sal). Esto implica que 40 % de sal esta cerca del límite de tolerancia para las larvas de *A. aquasalis*.

Tanto la sobrevivencia promedio como la duración total de las fases inmaduras criadas en agua dulce, fue menor en este trabajo que la reportada por Delgado (1996), 40 % de sobrevivencia y 9,21 días de desarrollo

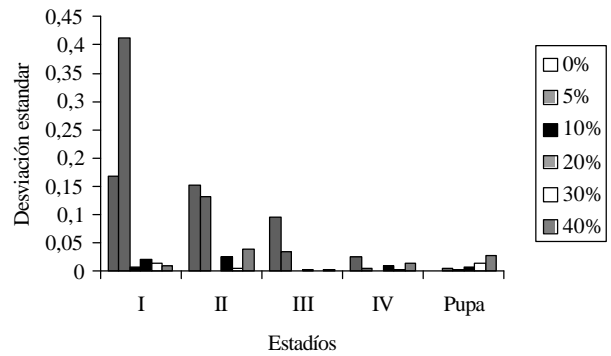


FIGURA 4. Desviación estándar del factor de mortalidad clave (K) de larvas de *A. aquasalis* criadas en diferentes concentraciones salinas.

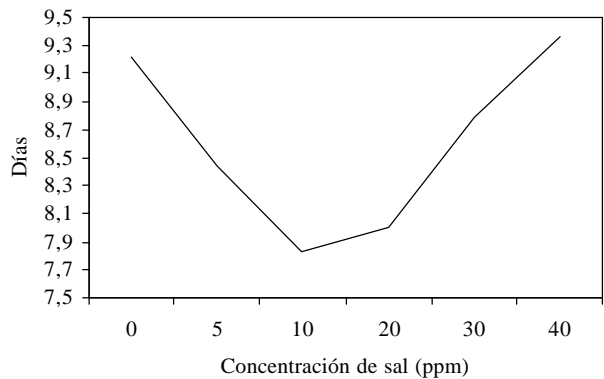


FIGURA 5. Promedio de las sumatorias de las duraciones por estadio para cada réplica de larvas de *A. aquasalis* criadas en diferentes concentraciones salinas. Ecuación de la curva: $y = 9,002 - 0,116x + 0,003x^2$, $F = 15,48$, $GL = 2$, $R^2 = 0,674$.

(este trabajo) comparado con 74,3 % de sobrevivencia y 16,29 días de desarrollo (Delgado 1996). Esto puede deberse a que Delgado (1996) utilizó larvas obtenidas de poblaciones de adultos colectados en las cercanías del Lago de Valencia (agua dulce), estado Aragua, mientras que en este estudio los adultos de *A. aquasalis* fueron colectados cerca de criaderos de agua salobre. Es posible que las poblaciones de *A. aquasalis* del lago Valencia estén adaptadas al agua dulce, reflejándose en la sobrevivencia mayor de las larvas reportadas por Delgado (1996).

El tiempo de desarrollo total fue menor para larvas criadas a 10 % de sal y mayor hacia las concentraciones de sal extremas, ajustándose a un modelo cuadrático. El hecho de que las larvas se desarrollaron más rápido en la concentración salina de 10 % implica que las larvas están más adaptadas a esta concentración comparada con concentraciones de sal más altas o bajas. El valor de R^2 (0,674) implica que el factor de salinidad explica cerca de 70 % del patrón observado. El 30 % restante

se podría explicar por las diferentes edades iniciales de las larvas al inicio del experimento, y por otros factores intrínsecos de la población no medidos. Esto podría ser una herramienta muy útil para predecir el tiempo de desarrollo de las fases inmaduras de *A. aquasalis*, dependiendo de la concentración salina del criadero.

En lo que respecta al factor de mortalidad clave (K_c), observamos que la respuesta de la población fue variable, encontrándose que la mayor varianza ocurrió durante los primeros estadios y en menor grado en el tercer estadio, para larvas criadas en concentraciones salinas de 0 % y 5 %. Las larvas durante los primeros estadios son más susceptibles al estrés. Sin embargo, la variabilidad en la mortalidad de la población en concentraciones de sal bajas implica la posibilidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales. Esto podría tener importancia para el mantenimiento de las poblaciones de *A. aquasalis* durante la época de lluvia, cuando las concentraciones de sal en los criaderos podría bajar.

Varios autores (Barrera et al.1998; Berti et al.1998; Delgado et al.1998; Grillet et al.1995; 1998) han observado correlaciones positivas entre la abundancia de larvas de *A. aquasalis* y diferentes concentraciones de sal de los criaderos, con las larvas de esta especie siendo principalmente colectadas en zonas de manglar con concentraciones de 5 % a 30 % de salinidad. En particular, Grillet et al. (1998) observaron que aunque *A. aquasalis* era la especie más abundante y frecuente en los criaderos revisados, y presentaba un comportamiento generalista respecto a todo el gradiente ecológico estudiado, estaba asociada significativamente con los humedales salobres.

Los hábitats salobres son ambientes "extremos", desde un punto de vista fisiológico, y los organismos que colonizan estos ambientes enfrentan graves problemas osmóticos (Grillet et al. 1998). Estos autores sugirieron que *A. aquasalis* es una especie generalista de hábitat, con mayor abundancia en ambientes "extremos" donde existe una menor probabilidad de que sea desplazada por interacciones bióticas (depredación, competencia, etc.). Sin embargo, en el presente trabajo se demuestra que las larvas de *A. aquasalis* sobreviven mejor en aguas salobres a salinas, especialmente entre 10 % y 20 % de salinidad, por lo tanto podemos deducir que su presencia en criaderos con un alto contenido de sal se debe principalmente a adaptaciones fisiológicas.

En conclusión, la mayor sobrevivencia de larvas de *A. aquasalis* en aguas salobres podría ser determinante en la distribución poblacional de esta especie. Es importante señalar las implicaciones que estos resultados pueden ofrecer para el control de este vector

en el estado Sucre, debido a que según la concentración de la salinidad de los criaderos, se puede predecir cuales de ellos son más propicios a soportar altas poblaciones de *A. aquasalis*.

Agradecimientos

A dos árbitros anónimos cuyos comentarios ayudaron a mejorar una primera versión del manuscrito. Al Lic. Melfran Herrera y a todo el personal de la Gerencia de Saneamiento Ambiental y Malariología Región XI (estado Sucre) por su apoyo en las colectas de los adultos de *A. aquasalis*. Este trabajo fue posible, en parte, gracias a la ayuda financiera del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente (Proyecto No. CI-5-1901-0957/00) y del CONICIT (Proyecto G-2000001541).

Referencias

- BARRERA R, GRILLET M, RANGEL Y, BERTI J, ACHÉ A. 1998. Estudio eco-epidemiológico de la reintroducción de la malaria en el nororiente de Venezuela mediante sistemas de información geográfica y sensores remotos. Bol Dir Malariol Saneam Ambient 38(1): 14-30.
- BERTI J, ZIMMERMAN R, AMARISTA J. 1993. Spatial and temporal distribution of anopheline larvae in two malarious areas in Sucre State, Venezuela. Mem Inst Oswaldo Cruz 88(3):353-362.
- BERTI J, GONZÁLEZ J, VANEGAS C, GUZMÁN H, AMARISTA J. 1998. Fluctuaciones estacionales de la densidad larvaria de *Anopheles pseudopunctipennis* (Diptera: Culicidae) en dos ríos de Santa Fe, estado Sucre. Bol Entomol Venez 13(1):1-15.
- COVA GARCÍA P, SUTIL E. 1975. Clave para adultos hembras de anofelinos de Venezuela. Bol Dir Malariol Saneam Ambient 15(5):201-216.
- DELGADO N. 1996. Implicaciones ecofisiológicas de la introducción de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* como controlador biológico de *Anopheles aquasalis* (Diptera: Culicidae). [Tesis Doctoral]. Maracay: Universidad Central de Venezuela, Fac Agronomía. 259 p.
- DELGADO N. 1998. Parámetros demográficos de las fases inmaduras de *Anopheles aquasalis* Curry 1932 (Diptera: Culicidae) en condiciones de laboratorio. Bol Entomol Venez 13(1):27-43.
- DELGADO N, BERTI J, GONZÁLEZ D, GONZÁLEZ J, AMARISTA J. 1998. Estudio Biosistemático y ecológico de *Anopheles aquasalis* (Diptera: Culicidae) y sus implicaciones para el control de la malaria en el estado Sucre: III-Control biológico y manejo integrado. Bol Dir Malariol Saneam Ambient 38(1):47-62.
- FARAN M. 1980. Mosquito studies (Diptera: Culicidae) XXXIV. A revision of the subgenus *Nyssorhynchus* of *Anopheles*. Contrib Am Entomol Inst 15(7):1-215.

- FLEMMING G. 1986. Biología y ecología de los vectores de la malaria en las Américas. PAHO/WHO, PNSP/86.72. 54 p.
- GRILLET M, MONTAÑEZ H, BERTI J. 1995. Temporal abundance of *Anopheles aquasalis* larvae in a malarious area in northern Venezuela and associated factors. Proceedings of the 61 Annual Meeting of the American Mosquito Control Association. J Am Mosq Control Assoc 11(3):344-345.
- GRILLET M, MONTAÑEZ H, BERTI J. 1998. Estudios biosistemáticos y ecológicos sobre *Anopheles aquasalis* en el estado Sucre: II-Ecología de sus criaderos. Bol Dir Malariol Saneam Ambient 38(1):38-46.
- MORENO J, BERTI J. 1997. Estudio de la susceptibilidad de *Anopheles aquasalis* Curry 1932, a la infección con *Plasmodium vivax* en Venezuela. Bol Dir Malariol Saneam Ambient 37(1, 2):84.
- RABINOVICH J. 1980. Introducción a la ecología de poblaciones animales. México: Continental. 313 p.
- REISEN W, SIDDIQUI T. 1979. Horizontal and vertical estimates of immature survivorship for *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae) in Pakistan. J Med Entomol 16(3) 207-218.
- SERVICE M. 1993. Mosquito ecology: field sampling methods. 2nd ed. London: Chapman and Hall. 988 p.
- SOKAL R, ROHLF F. 1979. Biometría: Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Madrid: H. Blume ediciones. 832 p.
- UNDERWOOD A. 1997. Experiments in ecology. Primera edición. Cambridge: Cambridge University Press. 505 p.

Recibido: 09-vii-2001

Aceptado: 06-xii-2001

Correcciones devueltas por el autor: 08-iii-2002