INFLUENCIA DE LAS ALGAS EN LA DENSIDAD LARVAL DE *Anopheles albimanus* WIEDEMANN (DÍPTERA: CULICIDAE) EN UN LAGO DE LA ZONA DEL CANAL DE PANAMÁ

Ranulfo González Obando
Universidad del Valle. Departamento de Biología. Grupo de Investigaciones Entomológicas (GIE). Cali, Colombia; correo electrónico: ranulfo@univalle.edu.co

RESUMEN

En el lago del Corte de la Tercera Esclusa de la zona del Canal de Panamá, se analizó la correlación y/o asociación en el tiempo (tres meses), entre la densidad/calidad de algas (= índice) con la presencia y densidad de *Anopheles albimanus*, así como también con la fauna asociada a los muestreos. Se encontró una correlación significativa entre la densidad de esta especie y ocho de las variables comparadas (Hebridae, Chironomidae, Naucoridae, Odonata, Ostracoda, ancho de la franja de algas, estado de las algas, y precipitación acumulada antes del muestreo. A partir de datos de presencia/ausencia, un análisis de Chi cuadrado mostró asociaciones de afinidad significativas entre *An. albimanus* y las variables Culicinae, Chironomidae, Hebridae, Mesovelidae, Naucoridae y Cladocera. Mientras que las variables Pleidae y Copepoda indicaron repulsión. Las asociaciones parecen estar fundamentalmente determinadas por el tipo y calidad del hábitat dominante en las estaciones (algas); el análisis entre los promedios por fecha, entre el índice de algas y la densidad de *An. albimanus*, de 10 de las estaciones de muestreo, demostró que paralelamente al deterioro de la franja vegetal ocurrió el descenso de la densidad de población del mosquito. (R=0.968; Prob. de F=0.002).

Palabras clave: Algas, Anopheles, Larvas, Vegetación acuática, Zona del canal de Panamá.

SUMMARY

At the lake by the Third Lock Cut in the Panama Canal area, the correlation and/or association in time (3 months) was analyzed, between density/quality of algae (= index), and presence the *Anopheles albimanus* and density of as well as the associated fauna. A significant correlation was found, between this species density and eight variables (Hebridae, Chironomidae, Naucoridae, Odonata, Ostracoda, algae strip width, algae state, and accumulated precipitation before collecting.). From presence/absence data, an analysis of square Chi showed significant affinity associations between *An. albimanus* and the variables Culicinae, Chironomidae, Hebridae, Mesovelidae, Naucoridae and Cladocera. Yet, the variables Pleidae and Copepoda showed repulsion. The associations appears to be fundamentally determined by type and quality of the dominant habitat in each station (algae); the analysis between the average values per date, the algae index and *An. albimanus* density, from 10 collecting stations, showed that parallel to the green strip damage, there was a descent mosquito population density. (R=0.968; Prob. de F=0.002).

Key words: Aquatic vegetation, Anopheles, Larvae, Panama Canal Zon, Seaweed.

INTRODUCCIÓN

Anopheles albimanus es considerado como un vector primario de malaria en diferentes países de Centro América, el Caribe y Suramérica. Sus larvas se desarrollan en una gran diversidad de hábitat acuáticos (Arnett 1947; Breeland 1972; Henderson 1948; Faran 1980; Frederickson 1993). Su habilidad para utilizar un amplio rango de la microflora y fauna encontrada en aguas dulces como salobres de criaderos permanentes y temporales, sugiere que esta especie tiene tolerancia también a la polución y la turbidez (Henderson 1948).

Sus larvas se asocian con plantas como *Pistia* sp., *Elodea* sp., *Najas* sp., *Chara* sp. y *Utricularia* sp. (Faran 1980); *Neptunia prostatum*, *Ceratophyllum demersum*, *Jussiaea natans*, *Chara vulgaris* (Frederickson et al. 1992, citado por: Frederickson 1993), así como también con algas (Zetek 1920; Kumm & Zuñiga 1942; Arnett 1947; Savage et al. 1990; Mekuria et al. 1990).
Las fluctuaciones poblacionales de una especie se

presentan debido fundamentalmente a factores ambientales y a su ciclo de desarrollo. Varios autores han tratado de entender cómo y por qué se presentan las fluctuaciones de población de una especie en cuestión. En general, *An. albimanus* es más abundante durante la estación lluviosa (Frederickson 1993) y aparentemente esto esta relacionado fundamentalmente con la disponibilidad de criaderos. En Panamá esta especie es abundante a través del año, pero durante la estación seca las poblaciones dependen de criaderos permanentes con masas flotantes de vegetación. Durante la estación de lluvias las masas se fraccionan y con ello disminuye su densidad (Arnett 1947). Otra situación que se encuentra documentada es la que se observa en el plano costal de El Salvador, allí durante la estación seca los criaderos son de aguas permanentes con márgenes estables (Breeland 1972).

Las pocas referencias que se conocen sobre la mortalidad natural de larvas de mosquitos en sus condiciones naturales, indican que ésta es elevada y se da como consecuencia de una serie de factores adversos tales como clima, alimento, parásitos, patógenos y depredadores (Service 1985) y la mortalidad denso-dependiente (competencia interespecífica y los depredadores) es la mayor responsable de la regulación de la población de mosquitos en hábitats acuáticos temporales. Sin embargo, cuando esta especie se encuentra establecida en criaderos permanentes es más difícil definir los factores que interactúan en su fluctuación poblacional; para Weidhas (1974) una dificultad en el entendimiento de la dinámica de las poblaciones naturales es su complejidad, ya que la cuantificación e interacción entre los diversos organismos es difícil de interpretar. Según Service (1971) en hábitats permanentes de gran tamaño, los depredadores son los organismos de mayor importancia en la regulación de las poblaciones de mosquitos que en los criaderos temporales, pero aquí se pueden definir factores denso-independientes que pueden llegar a ocasionar una mayor mortalidad.

Asociado a la vegetación flotante de lagos del área de influencia del Canal de Panamá, especialmente del lago Gatún, se encuentra *An. albimanus* prácticamente a lo largo de todo el año. Uno de estos sitios es denominado Lago del corte de la Tercera Esclusa. Característicamente este criadero presenta durante gran parte del año una franja vegetal de *Hydrila verticillata* que abarca en forma variable el área litoranea y durante la época de escasa precipitación, se cubre de algas. Según el personal de la División de Saneamiento de la Comisión del Canal de Panamá (En: Efthimiadis 1980) esta constituye un factor esencial para la producción de mosquitos *Anopheles*, ya que el aumento de la densidad de *H. verticillata* produce el amortiguamiento del agua, se eleva la temperatura y se incrementa la producción de algas que llega a cubrir en forma densa la capa vegetal acuática. Asociado a este ambiente se mantiene una población variable de Artropoda, especialmente Hexapoda, la cual puede ser colectada asociada a las diferentes muestras de *An. albimanus*.

En el presente estudio se analizaron diferentes variables (vegetación y fauna acompañante) para establecer la relación existente entre estas y la densidad de *An. albimanus* en este criadero, durante parte de la estación seca, época en la cual era alta la producción de algas, e igualmente identificar factores determinantes de la dinámica poblacional de esta especie en este criadero.

Área de estudio

El Lago del corte de la Tercera Esclusa está ubicado cerca de la esclusa de Cristóbal, en la República de Panamá, Provincia de Colón, a unos 26 metros de elevación. En este país se reconocen dos regímenes de precipitación (Pacífico y Atlántico) (Tosi 1971) y sobre todo en el primero se presenta una estación húmeda bien marcada que va desde fines de abril o comienzos de mayo hasta mediados o fines de noviembre.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos fueron realizados desde un bote inflable, mediante el uso de un cazo plástico de 350 ml y un concentrador de larvas de 500 cc de capacidad. A lo largo de esta franja se establecieron 17 estaciones que fueron muestreadas cada dos semanas, durante tres meses (6 muestras), desde el 8 de marzo hasta el 8 de junio de 1989. Por cada estación se realizaron 10 cucharoneadas (cazos) al azar por fecha de muestreo.

Las larvas de *Anopheles* fueron retiradas del concentrador y colocadas en viales de transporte, la fauna asociada fue colocada y fijada con alcohol en otro vial plástico para su posterior determinación y cuantificación en el laboratorio de Entomología del programa de Maestría de la

Universidad de Panamá.

La fauna asociada (datos cualitativos y cuantitativos) colectada en los diferentes muestreos para larvas de *Anopheles albimanus*, así como las características de la vegetación acuática, representada por algas y *H. verticilata*, en cada una de las estaciones y fechas de muestreo, fueron consideradas como las variables del análisis estadístico (Tabla 1). Con el fin de mejorar el análisis, la variable algas fue considerada no solo en su área y estado (calificada de 0 a 5 según su calidad) sino también como índice (=ancho de la franja x la proporción de algas/*H. verticillata*). Las densidades fueron comparadas a partir de los promedios del número de especimen por cazo, por estación de muestreo por fecha.

Tabla 1. Coeficientes de similitud y correlación entre *An. albimanus* y las variables respectivas del lago del Corte de la Tercera Esclusa, Panamá.

Variable	X^2	Coeficientes de		Razón de Varianza F
		Similitud	Correlación (R)	
Culicinae	4.1*a	0.48	0.15	2.27
Chironomidae	8.7*a	0.61	0.38*	15.60
Ceratopogonidae	0.1	0.02	0.26*	6.67
Hebridae	8.9*a	0.62	0.61*	54.04
Naucoridae	9.0*a	0.27	0.39*	15.98
Nepidae	0.1	0.01	-0.01	0.01
Notonectidae	1.6	0.05	0.02	0.03
Mesovelidae	15.7*a	0.44	0.08	0.63
Pleidae	4.2*b	0.54	0.05	0.26
Veliidae	2.9	0.63	-0.16	2.50
Ephemeroptera	3.2	0.37	0.11	1.17
Odonata	3.8	0.49	0.37*	14.92
Ostracoda (Crustacea)	1.0	0.20	0.26*	6.78
Cladocera (Crustacea)	4.7*a	0.26	0.09	0.78
Copepoda (Crustacea)	9.2*b	0.33	0.16	2.61
Calidad Algas			0.56*	43.46
Ancho Algas			0.52*	33.87

* Significativo ($p<0.05$)
a = Afinidad
b = Repulsión

El análisis estadístico fue realizado en un computador personal, mediante los programas: Systat y Statistical Ecology (Ludwing & Reynolds 1988). Las diferentes variables fueron comparadas mediante análisis de regresión simple, bajo el modelo de correlación con el fin detectar parámetros descriptivos con relación a la población larval de *An. albimanus*.
Adicionalmente se realizaron pruebas de medición de la asociación interespecífica entre esta especie y las variables de la fauna asociada, mediante cálculos de coeficientes de similitud. Análogamente se realizaron pruebas de chi cuadrado con el fin de establecer la significancia de las respectivas asociaciones (Southwood 1978).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los registros de la comisión del canal, para finales de noviembre y comienzos de diciembre, la franja vegetal está constituida principalmente por *H. verticillata*, con pequeñas áreas de algas; después del máximo crecimiento alcanzado por las algas (mediados de marzo), lo cual coincidió con el inicio de los muestreos, *H. verticillata* sufrió un gran deterioro y muerte, posiblemente como consecuencia de la falta de fotosíntesis. Subsiguientemente, con el inicio de

mayores precipitaciones, ocurrió también la muerte de la capa de algas, posiblemente debido a la falta de sustrato, descenso de la temperatura aumento del nivel del agua y deterioro por corrientes de agua, vientos y presencia de peces tucunaré (*Cichla ocellaris*). Con el deterioro casi total de la vegetación descrita, solo se observaron tallos muertos de *H. verticillata*, mezclados con restos de algas que en conjunto permitían la penetración de peces depredadores, tales como *C. ocellaris*. Según Mekuria et al. (1990), en República Dominicana, la capa de algas asociada a larvas de *An. albimanus*, les sirve como protección a peces depredadores tales como *Gambusia affinis*. *H. verticillata* comenzó nuevamente a desarrollarse a finales del mes de mayo, a partir de algunas plantas que quedaron vivas en o cerca de la margen del criadero, dando origen a la repetición del ciclo anteriormente descrito.

Esta dinámica de la vegetación acuática determinó también la de la fauna asociada a este tipo de hábitat, especialmente la de *An. albimanus*. El análisis, sin considerar la variabilidad por estación, sino entre los promedios por fecha, del índice de algas y la densidad de *An. albimanus*, de 10 de las estaciones de muestreo, mostró un coeficiente de correlación altamente significativo (R=0.968; Prob. de F=0.002) es decir que paralelamente al deterioro de la franja vegetal ocurrió el descenso de la densidad de población de *An. albimanus* (Figura 1).

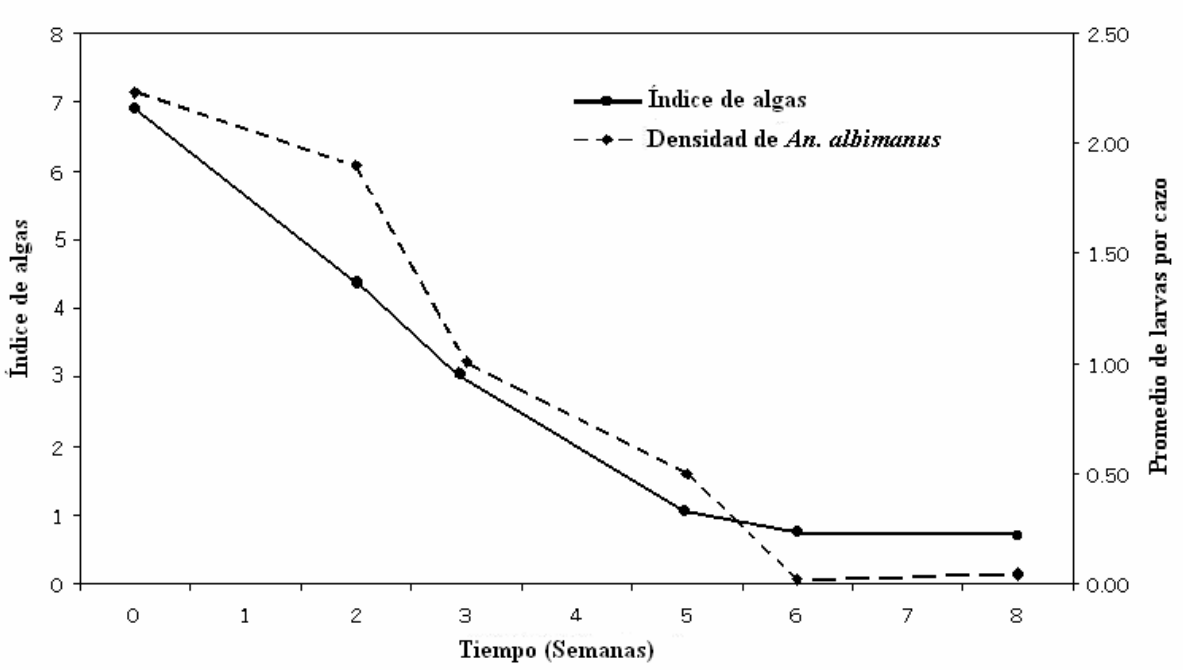


Figura 1. Relación entre el Índice de Algas y la densidad de *Anopheles albimanus* en diez estaciones del Lago del corte de la Tercera Esclusa (Panamá). Promedios de muestras de 100 cazos por fecha.

Relación entre la densidad de *An. albimanus* y las variables medidas.

El análisis de correlación con todas las fechas de muestreo (95 muestras), indicó que *An. albimanus* tuvo una relación lineal positiva significativa con 10 de las variables comparadas (Hebridae (Heteroptera), Chironomidae (Diptera), Naucoridae (Heteroptera), Odonata, Ostracoda (Crustacea), ancho de la franja de algas, estado de las algas, y precipitación acumulada antes del muestreo. Exceptuando la variable precipitación, este gran número de correlaciones positivas parece estar fundamentalmente determinado por el tipo de hábitat dominante en donde se establecieron las

estaciones. Las tres variables mejor correlacionadas con la densidad de *An. albimanus* fueron Hebridae, ancho de la franja vegetal y su estado. La primera de estas, de acuerdo con las consideraciones bibliográficas, parece estar mas asociada al tipo de hábitat y su densidad que a la presencia de *An. albimanus*. Para Frederickson et al. (op cit.) de las plantas acuáticas posibles, las algas verdes filamentosas tales como *Spirogyra* son buenas indicadoras de presencia de larvas de *An. albimanus*. El análisis con los coeficientes de similitud corroboró el hallazgo anterior en el sentido de que variables tales como Hebridae, Chironomidae y Odonata son comúnmente encontradas con *An. albimanus*, lo cual también ocurre con Veliidae, Pleidae y Culicinae.

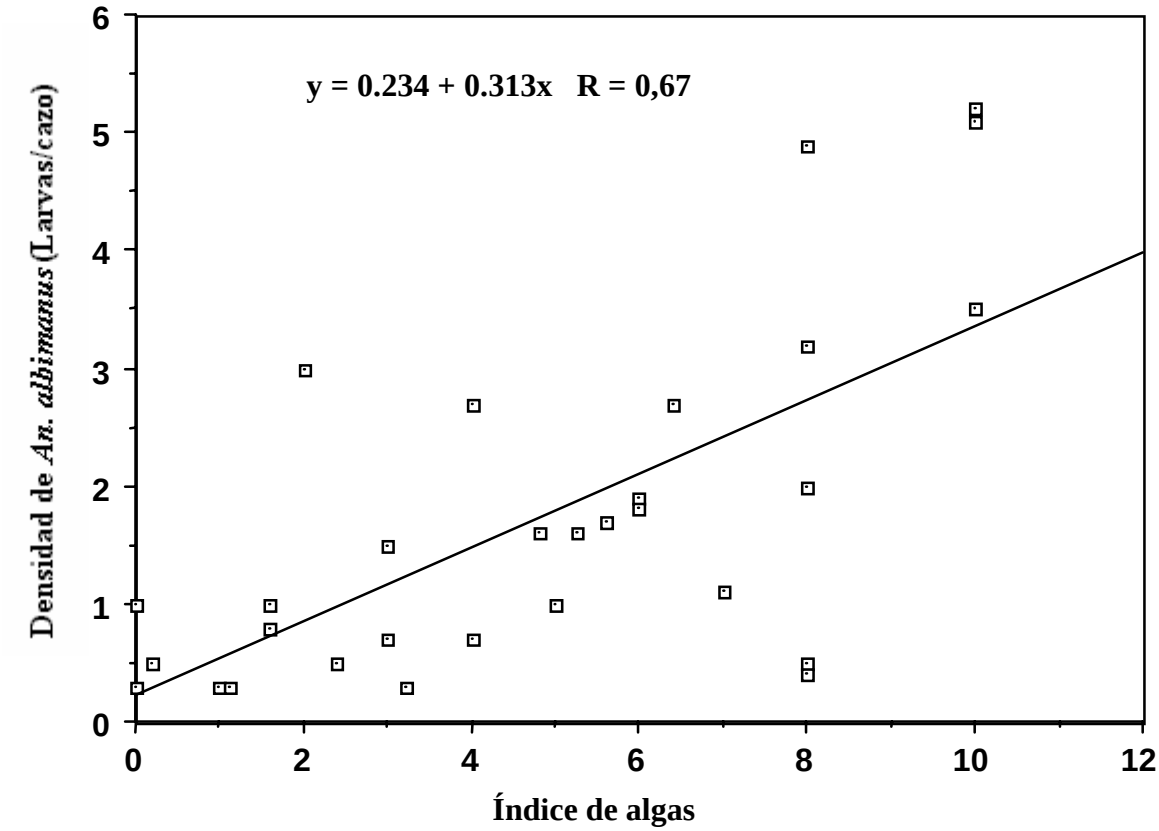
El análisis de Chi cuadrado fue aplicable a una buena proporción de las variables. Este mostró que las asociaciones con Culicinae, Chironomidae, Hebridae, Mesovelidae, Naucoridae y Cladocera (Crustacea), son de afinidad significativa con *An. albimanus*; mientras que con Pleidae y Copépoda (Crustácea) esta es significativa pero indicando repulsión. Sin embargo, este tipo de análisis deja la duda sobre la significancia biológica de las asociaciones establecidas, ya que si bien es cierto que en muchos casos la competencia interespecífica entre las variables estudiadas y *An. albimanus*, pueden conducir a una falsa carencia de asociación, si la medida está basada en abundancia, los análisis con datos de presencia/ausencia aunque permiten entender mejor la asociación biológica cuando las dos especies tienen requerimientos similares, no dan el peso que pueda significar la abundancia de una de ellas. Debido a esta posible ambigüedad Hurbert (1971) en Southwood (1978) sugiere el requerimiento de ambos tipos de análisis.

Por otro lado, el no separar los datos en el tiempo pudo enmascarar algunas de las asociaciones que pueden ser alternativamente de afinidad o repulsión a medida que cambian las densidades de la fauna de este hábitat también cambiante. El análisis de correlación en diez de las estaciones con mayor densidad de fauna (10 muestras por estación) en cada una de las seis fechas de muestreo, demostró que únicamente en las dos primeras hubo una correlación significativa entre el índice de algas y la densidad de *An. albimanus* (Tabla 2) es decir que cuando la densidad de este último decrece considerablemente, con valores promedios por estación próximos o menores que uno (1) es más difícil detectar una correlación significativa con las condiciones del hábitat. Considerando los muestreos de las tres primeras fechas (promedios de 300 cazos = 30 muestras) de estas mismas variables se alcanzó a observar una correlación significativa (R=0.67; p=0.0001) cuya tendencia y posible ecuación de predicción es presentada en la Figura 2.

Tabla 2. Variación del coeficiente de correlación entre la densidad de *An. albimanus* y el índice de algas en 10 estaciones del lago del Corte de la Tercera Esclusa, Panamá. Promedios de 10 cazos por fecha por estación.

Semana No.	Coeficiente R	Tasa-F	p
0	0.750	10.41	0.012
2	0.814	15.67	0.004
3	0.304	0.815	0.393
5	0.015	0.002	0.967
6	0.051	0.021	0.890
8	0.051	0.021	0.890

Figura 2. Correlación entre el índice de algas y la densidad de *An. albimanus*. Con base en diez estaciones muestreadas en las tres primeras fechas (promedios por cazo de 30 muestras) en el Lago del corte de la Tercera Esclusa, Panamá.



Aunque no se descarta el papel de los depredadores en este criadero, en este caso, es claro que la regulación de la población de *An. albimanus* obedece a factores denso-dependientes tales como la densidad y calidad del alga, la cual no solo le proporciona alimento sino también protección de los depredadores mayores y constituye el requerimiento primario que posiblemente determina las asociaciones biológicas que fueron observadas en este criadero. Como ya se dijo anteriormente para Hebridae, con respecto a su asociación con el tipo de hábitat, también Veliidae, Chironomidae, Pleidae y Culicinae, parecen compartir con *An. albimanus* el requerimiento biológico dado por la gran cantidad de algas que creció sobre *H. verticillata*. Bajo las condiciones descritas de este lago, si se pensara en disminuir rápidamente la densidad de este mosquito, lo más recomendable sería alterar tempranamente el crecimiento del alga.

AGRADECIMIENTOS

Al laboratorio del Programa de maestría de la Universidad de Panamá, por su apoyo logístico; al Dr. Michael Nelson de la Oficina Panamericana de Salud, por su apoyo y sugerencias. A la Dra. Gloria Dávila de la Comisión del Canal por su interés en el estudio del Lago del corte de la Tercera Esclusa.

LITERATURA CITADA

Arnett, R.H. 1947. Notes on the distribution, habits, and habitats of some Panama mosquitoes (Diptera: Culicidae). Journal of the New York Entomological Society 55: 185-200.

Breeland, S.G. 1972. Studies on the ecology of *A. albimanus*. American Journal Tropical Medicine and Hygine 21: 751-754.

Efthimiadis, C. 1980. Algo raro ocurre en lo profundo del Lago del corte de la Tercera Esclusa. Spillway del Canal de Panamá.

Faran, M.E. 1980. A revision of the *Albimanus* Section of the sub-genus *Nyssorhynchus* of *Anopheles*. Contributions of the American Entomological Institute 15: 214.

Frederikson, E.C. 1993. Bionomics and control of *Anopheles albimanus*. Washington, D. C. Pan American Health Organization. (Technical Paper No. 34).

Henderson, J.M. 1948. The eradication of *Anopheles albimanus* in Puerto Rico an ecology discussion. Part I. Mosquito News 43: 456-459.

Kumm, H. & H. Zuñiga. 1942. The mosquitoes of El Salvador. American Journal Tropical Medicine and Hygine 22: 399-415.

Ludwing, J.A. & J.R. Reynolds. 1988. Statistical Ecology: A primer on methods and computing. Wiley. Nueva York.

Mekuria, Y., M.A. Tidwell, D.C. Williams & J.D. Mandeville. 1990. Bionomic studies of the *Anopheles* mosquitoes from Dajabon, Dominican Republic. Journal of the American Mosquito Control Association 6: 651-657.

Savage, H.M., E. Rejmankova, J.Y. Arredondo-Jiménez, D.R. Roberts & M.H. Rodríguez. 1990. Linnological and botanical characterization of larval habitats for two primary malarial vectors, *Anopheles albimanus* and *Anopheles pseudopunctipennis*, in coastal areas of Chiapas State, Mexico. Journal of the American Mosquito Control Association 6: 612-620.

Service, M.W. 1985. Population dynamics and mortalities of mosquito preadults, Pp. 185-201. in Ecology mosquitoes: proceedings of a workshop (L. P. Lounibos, J. R. Rey, & J. H. Frank, eds.). Florida Medical Entomology Laboratory. Vero Beach. FL.

Service, M.W. 1971. Studies on sampling larval populations of the *Anopheles gambiae* complex. Bulletin of the World Health Organization 45: 169-180.

Southwood T.R.E. 1978. Ecological methods: with particular reference to the study of insect populations. 2nd. ed. Chapman and Hall. London & New York.

Tosi, J.A. 1971. Zonas de vida, una base ecológica para investigaciones silvícolas e inventariación forestal en la República de Panamá. Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo, Roma, Italia.

Weidhas, D.E. 1974. Simplified models of population dynamics of mosquitoes related to control technology. Journal of Economic Entomology 67(5): 620-624.

Zetek, J. 1920. *Anopheles* larvae in salt water. Science 52 (1331):15.