

USO DEL NÚMERO DE ÁRBOLES POR HECTÁREA EN EL MANGLAR PARA PREDECIR LOS SITIOS DE OVIPOSICIÓN DE LOS MOSQUITOS COSTEROS

F. Góngora-Rojas

Departamento Forestal. Universidad de Pinar del Río. Calle Martí 270.
Pinar del Río Cuba. C. P. 20100. Tel. (53) (82)779661. Fax(53) (82) 755479. Correo-e: fgongora@af.upr.edu.cu

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el sector costero "Cortés" al sur de Pinar del Río, Cuba, con el objetivo de determinar la relación entre la oviposición de los mosquitos costeros y las variables dendrométricas: volumen de madera en m³/ha, diámetro medio a 1:30 m, altura media y especialmente la densidad del arbolado.

Se hicieron 21 parcelas según la metodología de muestreo de bosques de mangle de la FAO y el Departamento Técnico del Ministerio de la Agricultura de Cuba (MINAGRI), donde, además, se tomaron muestras del sustrato del manglar para la extracción de huevos de mosquitos según la metodología de Ritchie y Addison. Se midió además el pH y salinidad del sustrato así como el nivel de contaminación con residuos plásticos.

Los patrones de correlación entre las variables analizadas se determinó a través de un análisis de componentes principales que demostró la alta relación entre los sitios de oviposición y la estructura del manglar. Se definió el modelo matemático $Y = e^{(3.53 + (-5449.12 / \# \text{ de árboles/ha}))}$ para estimar la cantidad de huevos de mosquitos en función del número de árboles/ha con un coeficiente de regresión ajustado de 0.91.

PALABRAS CLAVE: manglar, *Ochlerotatus taeniorhynchus*, Culicidae, oviposición, mosquitos costeros, regresión

THE USE OF MANGROVE DENSITY FOR PREDICTING THE OVIPOSITION FOR SALT MARSH MOSQUITOES.

SUMMARY

The work was developed in the coastal sector of Cortés to the south of Pinar del Río, Cuba. The objective of this work is to determine the relationship between the dendrometric variables like volume of wood in cubic meters, mean diameter measured at a height of 1:30m, average height and especially the tree density according to Edgar (1994), in number of trees per hectares with the oviposition of the coastal mosquitoes.

Twenty-one parcels/blocks were made according to FAO and the Technical Department of the Ministry of the Agriculture (MINAGRI), where, they also took samples of the substratum of the mangrove for the extraction of mosquito eggs according to the methodology of Ritchie and Addison.

The correlations patrons between the analyzed variables were determined through the analysis of the principal components that demonstrated the high relation between the oviposition sites and de mangrove structure. The mathematical models $Y = e^{(3.53 + (-5449.12 / \text{number of trees/ha}))}$ was defined to estimate to the quantity of mosquito eggs in function to the number of trees/ha in an adjusted regression coefficient of 0.91.

KEY WORDS: mangrove, *Ochlerotatus taeniorhynchus*, salt marsh mosquitoes, Culicidae, oviposition, regression

INTRODUCCIÓN

Los manglares son ecosistemas muy singulares. Como fuente de recursos renovables, ningún otro los aventaja en cuanto a productividad natural y a la extensa variedad de bienes y servicios que proporcionan con carácter permanente (Bossi, 1990).

Las características del manglar son propicias para que se desarrolle un grupo de hematófagos, principalmente de las familias *Culicidae* y *Ceratopogonidae*, y para que establezcan allí sus criaderos permanentes ya que en las zonas cercanas a las costa encuentran condiciones óptimas para su desarrollo (Avila, 1977; Scott y Addinson, 1992).

Entre los factores que determinan la oviposición de los mosquitos costeros, los más estudiados en el ámbito internacional son: humedad del substrato, la altitud, la presencia o no de caracoles pulmonares, el contenido de materia orgánica y la cantidad y tipo de hojas de mangle; sin embargo, en Cuba hasta hoy no se ha trabajado la bioecología de estas especies, y tratándose de que el manglar es una formación boscosa cuyas especies poseen características que pueden cambiar esos factores, este trabajo tiene como objetivo estudiar la correlación entre las variables dendrométricas, especialmente la densidad del arbolado, entre otras, y el sitio de oviposición de los mosquitos en estas condiciones.

METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en el sector costero Cortés en el municipio Sandino, al sur de la Provincia de Pinar del Río, Cuba, con 545 ha de superficie boscosa. Se escogió esta zona por la representatividad de los estratos del bosque de manglar.

El muestreo se desarrolló en dos fases:

Primera fase: Se hizo una distribución sistemática de los centros de las parcelas de acuerdo a la metodología de muestreo de bosques de mangle de la FAO (1994) y el Departamento Técnico del Ministerio de la Agricultura de Cuba (MINAGRI) (1994).

Para la realización del trabajo se utilizaron fotografías aéreas pancromáticas de 1997 a escala 1:30 000 con las que se hizo un fotomontaje para comprobar el recubrimiento del área, luego una fotointerpretación óptica en gabinete con validación en el terreno y la ayuda de la base cartográfica 1:25 000 del Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía.

Para el muestreo del arbolado en el manglar se tuvieron en cuenta las directrices de FAO (1994), así como su formulario:

= Intensidad de muestreo

a= Superficie de la unidad de muestreo

DI= Distancia entre líneas

Dp= Distancia entre parcelas

$$Ap=f \cdot A \quad (2)$$

Ap= Área que se mide (superficie boscosa)

A= Área total

Determinándose la cantidad de parcelas por:

$$n = \frac{Ap}{a} \quad (3)$$

Donde **n** es el tamaño de la muestra.

Segunda fase: Se establecieron 21 parcelas de 100 m² en transectos perpendiculares a la línea de costa. Para su ubicación se siguieron los pasos siguientes: las parcelas se georreferenciaron a un punto sobre la fotografía utilizando plantillas graduadas en grados hexadecimales y en el terreno, con el uso de brújula y cinta métrica.

Se usó el tamaño de parcelas (0,01 ha) recomendado por Franco (1997) que garantiza la calidad del muestreo y disminuye la complejidad y costos de levantamiento. .

La densidad se midió sobre las fotos y en el terreno. En el primer caso (primera fase) fue expresada como el porcentaje de espesura por la unidad de superficie y no como el número de individuos, ya que no puede determinarse en las fotografías usadas debido a la homogeneidad de la vegetación. De acuerdo con el análisis de los modelos estereoscópicos la densidad para el sector fue clasificada como sigue:

En la segunda fase la densidad se determinó como el número de árboles/ha en las parcelas hechas en el terreno. De acuerdo a los valores obtenidos este parámetro se clasificó:

- d1>75 %
- d2= entre 50 y 75 %
- d3 <50 %

1. Hasta 2 500 árboles/ha,
2. Más de 2 500 y hasta 4 400,
3. Más de 4 400 árboles/ha

En las parcelas se midió también el diámetro de los

árboles a 1.30 m (cm), la altura (m), el nivel de contaminación con plásticos y otros objetos sólidos, como petróleo y lubricantes. También se calculó la existencia en madera (m^3/ha); además se tomaron muestras de sustrato para determinar el pH, salinidad y extraer los huevos y los cascarones de mosquitos, según metodología de Nayar (1885).

La medición de alturas de los árboles se hizo con el hipsómetro Haga; para el diámetro se utilizó la cinta diamétrica, el factor de forma utilizado fue el sugerido por Aldana, *et al.* (1997).

La salinidad y el pH fueron determinados en el Laboratorio Provincial de Suelos del MINAGRI en Pinar del Río.

La extracción de los huevos de mosquito fue realizada en el Laboratorio de Entomología de la Universidad de Pinar del Río mediante el método de Ritchie y Addison (1991) y utilizados entre otros por Scott y Jhonson (1991); Góngora (2000); Hernández y Boizán (2000); Góngora (2002).

Los patrones de correlación entre variables se comprobaron a través de un análisis de componentes principales. Para simplificar la interpretación de los resultados se aplicó el método de rotación varimax.

Para la estimación de huevos de mosquitos se tomó como variable independiente la que presentará mayor valor de correlación dentro del mismo componente de la matriz de componentes rotados. Se probaron los siguientes modelos:

$$Y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^2)$$

$$Y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^2) + (b_3 * t^3)$$

$$Y = b_0 * (t^{b_1}) \text{ o } \ln(Y) = \ln(b_0) + (b_1 * \ln(t))$$

$$Y = b_0 * (b_1^t) \text{ o } \ln(Y) = \ln(b_0) + (\ln(b_1) * t)$$

$$Y = e^{(b_0 + (b_1/t))} \text{ o } \ln(Y) = b_0 + (b_1/t)$$

$$Y = e^{(b_0 + (b_1 * t))} \text{ o } \ln(Y) = b_0 + (b_1 * t)$$

$$Y = b_0 * (e^{(b_1 * t)}) \text{ o } \ln(Y) = \ln(b_0) + (b_1 * t).$$

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS para Windows (1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Relación entre variables

Se seleccionaron dos componentes para expresar el patrón de correlación entre las variables del estudio (Cuadro

1), se tuvo en cuenta para la extracción que estos componentes explicaron el 80.5 % de la varianza total, valor aceptable de acuerdo a las características de las variables implicadas en el análisis.

CUADRO 1. Varianza total explicada de la relación variables dendrométricas-huevos de mosquitos.

Componentes acumulado	Total	% de la Varianza	%
1	5.769	52.449	52.449
2	3.093	28.117	80.566

En el Cuadro 2, se presentan las variables más relacionadas en cada componente marcadas en "negritas". Se pudo comprobar que el número de árboles por ha o densidad es la variable más correlacionada con la presencia de huevos y cascarones de mosquitos en las parcelas. Esto está determinado por el hecho de que los adultos hembras de mosquitos buscan para ovipositar las zonas más sombreadas, con temperaturas menos extremas y donde se conserva una alta humedad del sustrato y del ambiente, factor que propicia una mayor densidad de huevos en esas condiciones y corrobora lo planteado por Apperson (1991), Góngora (2002), de que la humedad es requisito para la oviposición de los mosquitos costeros.

La alta densidad de árboles por unidad de superficie, puede en esta formación ser también un indicador de una zona de abundancia de nutrientes debido al arrastre de materia orgánica u otra fuente nutricional a partir de las mareas o de la escorrentía superficial.

Se destaca en este mismo componente la relación inversa con la variable contaminación, resultado lógico, si se tiene en cuenta que las zonas más alteradas del manglar presentan siempre algún grado de polución y por tanto, la presencia de zonas menos densas siendo desfavorables para la oviposición.

La correlación significativa positiva de los cascarones de huevos y los huevos corrobora lo planteado por Addison (1992) de que los cascarones son un buen estimador de los huevos para un largo período de oviposición.

En el segundo componente las relaciones pueden resumirse entre las variables pH – salinidad y altura – mortalidad, que demuestran como las zonas del manglar donde se ha interrumpido el drenaje natural, ya sea por causas naturales o por el aprovechamiento de las especies, ocurre la acumulación de grandes cantidades de sales, sobre todo NaCl y por tanto un aumento del pH del sustrato lo que provoca un mal desarrollo del bosque y una alta mortalidad.

CUADRO 2. Matriz de componentes rotados.

	Componentes	
	1	2
Huevos	.933	-.261
Número de árboles/ha	.932	-.251
Existencia (m3/ha)	.898	-.392
Cascarones	.891	-.255
Contaminación	-.642	.634
d (mts)	.577	-.568
pH	7.655E-03	.846
Salinidad (%)	-.378	.673
h(mts)	.625	-.649
Mortalidad	-.531	.603

Estimación de los huevos de mosquitos

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se determinó que de acuerdo al grado de relación con la presencia de huevos de mosquitos, el número de árboles por ha, debía ser la variable independiente en la determinación de un modelo de estimación.

En el Cuadro 3 se presentan los valores del coeficiente de regresión ajustado, obtenido de cada una de las funciones matemáticas aplicadas para la obtención del modelo de predicción de cantidad de huevos de mosquitos.

De acuerdo al valor del coeficiente de regresión ajustado la función representada por la expresión $Y = e^{(b_0 + (b_1/t))}$ es a través de la cual, mejor se pudo estimar la cantidad de huevos de mosquitos en el manglar.

CUADRO 3. R ajustada y error estándar de las diferentes regresiones entre los huevos de mosquito (variable dependiente) y la densidad del manglar (variable independiente).

Modelo	R ² ajustada	Error estándar de la estimación	Sigf
$Y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^2)$	0.81	1.24421	.000
$Y = b_0 + (b_1 * t) + (b_2 * t^2) + (b_3 * t^3)$	0.81	1.23515	.000
$Y = b_0 * (b_1^t)$	0.87	0.19740	.000
$Y = e^{(b_0 + (b_1/t))}$	0.91	0.16957	.000
$Y = e^{(b_0 + (b_1 * t))}$	0.84	0.22812	.000
$Y = b_0 * (e^{(b_1 * t)})$	0.84	0.22812	.000

En la Figura 1 se observa el ajuste entre los valores observados y la curva de estimación, comprobándose la buena precisión del modelo seleccionado y la posibilidad de su uso en la práctica.

En la Figura 2 se muestran gráficamente los errores de estimación o residuales de la estimación a partir del

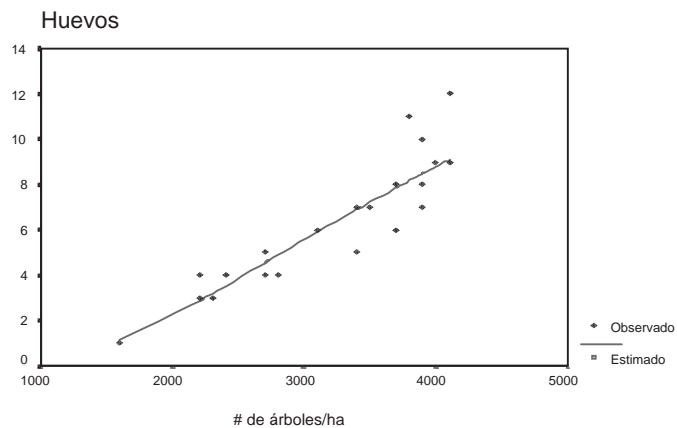


FIGURA 1. Curva de ajuste del método de regresión entre las variables densidad de plantas y cantidad de huevos.

modelo seleccionado. Estos valores se consideran adecuados porque oscilan entre $\pm 2 - 3$ huevos por ha, y representa muy poco si se tiene en cuenta que el ciclo biológico de los culícidos, como de otros insectos, tienen fuertes oscilaciones en la densidad de población por lo que en cuestión de mosquitos adultos la cantidad que implicaría ese error sería tan pequeña que no tendría mayor importancia.

La ecuación de regresión determinada fue la siguiente: $Y = e^{(3,53 + (-5449,12/\# \text{ de árboles/ha})}$ y brinda una valiosa ayuda para estimar las cantidades de huevos de mosquitos y a partir de ahí las poblaciones de adultos de las especies de culícidos, siendo una herramienta para el control localizado de estos hematófagos, máxime con lo difícil que resultan los trabajos de campo en el manglar y a las vastas extensiones de terrenos cubiertas por esta formación boscosa.

CONCLUSIONES

- De las variables dendrométricas que más deciden en la presencia de los huevos de mosquitos en el manglar, están la densidad del bosque de manglar medida en número

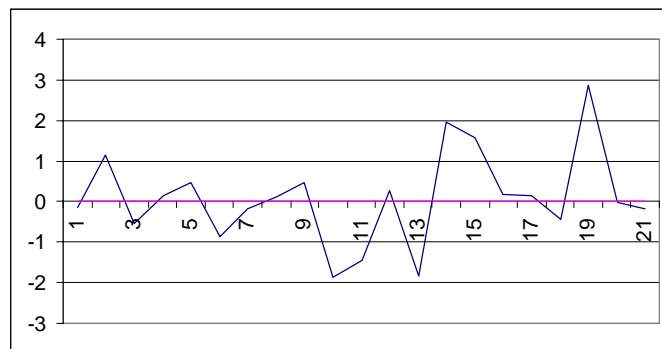


FIGURA 2. Residuales de la regresión sigmoidea para el modelo de regresión densidad del manglar huevos de mosquito.

de árboles por ha, las existencias maderables en m³/ha y el diámetro a 1:30 m.

- El modelo de regresión que mejor ajuste logra es el siguiente: $Y = e^{(3,53 + (-5449,12 / \# \text{ de árboles/ha})}$

- La densidad medida en número de árboles/ha es una variable predictora de los huevos de mosquitos en el manglar, por lo que se infiere que con su regulación podemos disminuir la cantidad de mosquitos en dicho ecosistema.

RECOMENDACIONES

- ◆ Estudiar cada una de las especies de mosquito costero por separado.
- ◆ Aplicación del modelo establecido.
- ◆ Predecir, a partir del número de árboles/ha, la cantidad de huevos de mosquitos en el manglar.

LITERATURA CITADA

- ADDISON, S. D.; SCOTT, A. R.; WEBBER, A. L.; VANESEN, F. 1992. Eggshell as an index of Aedine Mosquito production. Vol. 8, No. 1. 6 pp.
- ALDANA, E.; FRANCO, E. C.; GARCÍA, J. 1997. Factores de forma para la especie de mangle. Avances citma. 5(2): 15-23.
- APPERSON, C. 1991. The black salt marsh mosquito, *Aedes taeniorhynchus* Journal of the American Mosquito Control. 2 (4): 9-13.
- AVILA, G. I. 1977. Fauna Cubana de mosquitos y sus criaderos típicos. La Habana. 84 p.

BOSSI, R.; CITRÓN, G. 1990. Manglares del gran caribe hacia un manejo sostenible.

FAO MONTES. 1994. Directrices para la ordenación de los manglares. Roma. 345 p.

FRANCO ROSELL, C. E. 1997. Un ensayo metodológico para el diagnóstico biofísico del ecosistema de manglar por teledetección. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales.

HERNÁNDEZ, D.; BOIZÁN, M. A. 2000. Análisis de la vegetación del manglar como una causa de la presencia, abundancia y distribución de mosquitos en el sector La Coloma – Las Canas. 50 h. Trabajo de Diploma (en opción al título Ingeniero Forestal). Universidad de Pinar del Río.

GÓNGORA ROJAS, F. 2000. Poligonación preliminar de la vegetación del sector de manglar "La Coloma – Las Canas" Pinar del Río, en Primer Simposio internacional sobre manejo sostenible de los recursos forestales. Pinar del Río 24 al 29 de Abril del 2000.

GÓNGORA ROJAS, F. 2002. El sector de manglar Coloma las Canas, al sur de la provincia de Pinar del Río, Cuba, y la presencia, abundancia y distribución de *Aedes taeniorhynchus*. (Diptera: Culicidae), en Segundo Simposium internacional sobre manejo sostenible de los recursos forestales. Pinar del Río 24 al 26 de Abril del 2002.

MINAGRI, 1994. Seminario sobre manejo integral de ecosistemas de manglares.

NAYAR, J. K. 1985. Bionomics and physiology of *Aedes taeniorhynchus* and *Aedes sollicitans*, the salt marsh mosquitoes of Florida. 160 pp.

RITCHIE, S. A.; ADDISON. 1991. Collection and separation of *Aedes taeniorhynchus* eggshells from mangrove soils. J. Amer. Mosq. Control Assoc. 7(8): 440-445.

SCOTT, A. R.; JOHNSON, S. E. 1991. Distribution and sampling of *Aedes taeniorhynchus* (Diptera: Culicidae) Eggs in Florida mangrove forest. Journal Medical Entomological, 28(2): 270-274.

SCOTT, A. R.; ADDISON, D. S. 1992. Oviposition preferences of *Aedes taeniorhynchus* (Diptera: Culicidae) in Florida mangrove forest. Environ. Entomol. 21(4): 737-744.