

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

78



"APLICACION DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA PARA EL ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DE ANOPHELES ALBIMANUS EN EL SUR DE CHIAPAS, MEXICO"

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN ENTOMOLOGIA MEDICA

DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

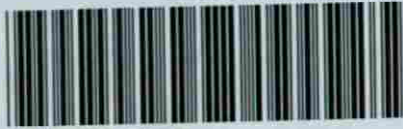
PRESENTA

AMERICO DAVID RODRIGUEZ RAMIREZ

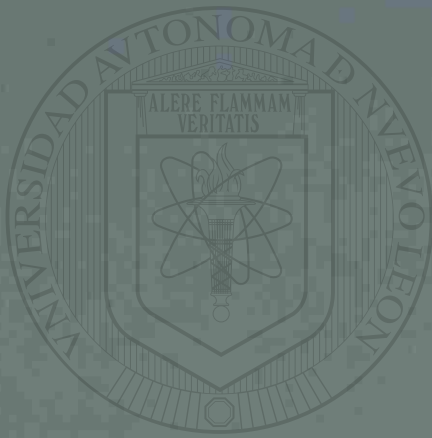
MONTERREY, NUEVO LEON

ENERO DE 1993





1080073217



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



"APLICACION DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA PARA EL ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DE ANOPHELES ALBIMANUS EN EL SUR DE CHIAPAS, MEXICO"

TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS
ENTOMOLOGIA MEDICA

PRESENTA

AMERICO DAVID RODRIGUEZ RAMIREZ

VOCAL

DR. MARIO HENRY RODRIGUEZ L.

ASESOR EXTERNO

MONTERREY, NUEVO LEON

ENERO DE 1993

TM
9L536
R6



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

PRESENTA

AMÉRICO DAVID RODRÍGUEZ RAMÍREZ

ENERO DE 1991

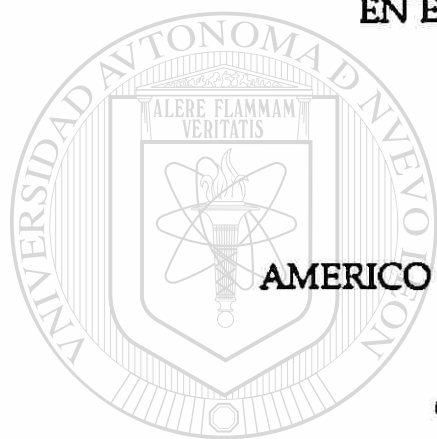
MONTERREY, NUEVO LEÓN

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

"APLICACION DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA PARA EL
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DE ANOPHELES
ALBIMANUS EN EL SUR DE CHIAPAS, MEXICO".

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD
EN ENTOMOLOGIA MEDICA



PRESENTA

AMERICO DAVID RODRIGUEZ RAMIREZ

COMISION DE TESIS



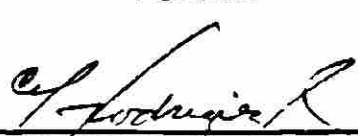
DR. ILDEFONSO FERNANDEZ SALAS
PRESIDENTE



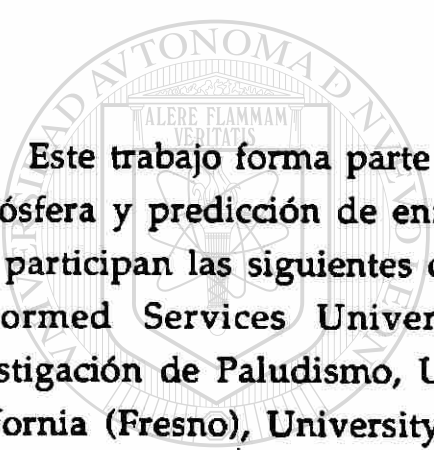
M. en C. FILIBERTO REYES VILLANUEVA
SECRETARIO



M. en C. ROBERTO MERCADO HERNANDEZ
VOCAL



DR. MARIO HENRY RODRIGUEZ L.
ASESOR EXTERNO



Este trabajo forma parte del proyecto multidisciplinario "Monitoreo de la biósfera y predicción de enfermedades" financiado por la NASA, y en el cual participan las siguientes organizaciones: NASA Ames Research Center, Uniformed Services University of the Health Sciences, Centro de Investigación de Paludismo, University of California (Davis), University of California (Fresno), University of Texas (Houston), University of Texas (El Paso).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DEDICATORIA

A mis padres:

Sara Ramírez Velázquez

Américo Rodríguez Rodríguez,

con el amor y la gratitud que se merecen.

A mi siempre compañera:

**Patricia Penilla,
con amor.**



UANL

A mis hermanas:

Thelma, Gloria, Delfina, Leticia y Gladys,

de quienes sólo he recibido amor y comprensión.

A mis sobrinos:

**Haydeé, Gloria Alejandra, Tania, Magaly, Paty, Gaby,
Roberto, Ruth y Javier,**

**cuya presencia siempre me recuerda que el tiempo
no se detiene.**

AGRADECIMIENTOS

Al Director del CIP Dr. Mario H. Rodríguez, uno de mis mejores maestros y amigo, por ser uno de los principales arquitectos en mi formación profesional.

Al Dr. Ildelfonso Fernández Salas, viejo amigo de siempre, por esa convicción de ayudar bajo cualquier circunstancia.

A mi maestro y amigo, M en C. Filiberto Reyes Villanueva, quien fue el primero en ponerme en el camino de la investigación científica.

Al M. en C. Roberto Mercado Hdz., por su desinteresada participación en la revisión del escrito.

Al Dr. Juan I. Arredondo Jiménez, por esa confianza que me ha brindado desde el momento de mostrarme la puerta del Centro de Investigación de Paludismo.

Al Lic. Juan E. Hernández, por su invaluable y desinteresado apoyo, más allá del compromiso de trabajo.

Al Ing. Salvador Partida, administrador del CIP, por su interés en poner siempre todo el apoyo logístico requerido.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Al Dr. Donald R. Roberts, jefe del proyecto "Monitoreo de la biósfera y predicción de enfermedades" por todas las facilidades brindadas para la realización de este trabajo.

A Sheri Dister, Louisa Beck, Byron Wood y Mike Spaner, de NASA Ames Research Center, por todo el apoyo y facilidades brindadas en la parte del trabajo realizada en sus instalaciones.

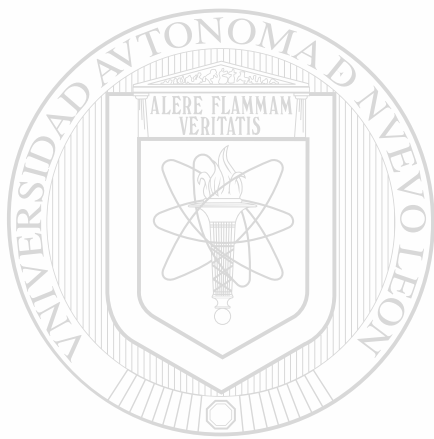
A la Dr. Eliska Rejmankova, de la Universidad de California en Davis, por su excelente colaboración en el presente estudio.

Al Dr. David N. Bown, por su constante preocupación y consejos desde que tuve la suerte de conocerle.

A los biólogos Armando Ulloa, Amanda Meza y Yunuen Grant, excelentes compañeros de equipo, por su valioso apoyo en el trabajo de campo y de escritorio, así como a los técnicos de campo del equipo CIP/NASA: Girón, Elifas, Oscar, Luis y Rafa.

A la M. en C. Patricia Penilla, por esos desvelos que compartimos durante la parte final de la elaboración del manuscrito.

A todos mis compañeros del CIP, que de una u otra forma son partícipes de todo lo que ahí se genera.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



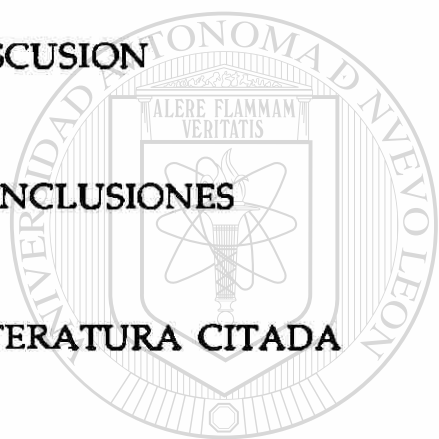
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CONTENIDO

INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	5
Sistema de información geográfica	5
Biología de <i>Anopheles albimanus</i>	7
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETTIVOS ESPECIFICOS	10
HIPOTESIS DE TRABAJO	11
MATERIAL Y METODOS	12
Area de estudio	12
Muestreo de mosquitos adultos	13
Descripción del entorno ambiental	14
Procesamiento de datos	15
Densidades de mosquitos	15
Información de polígonos en campo	16
Digitalización de poblados	17
Digitalización de hidrología, topografía y transportación	18
Integración del sistema de información geográfica	18
Manipulación del sistema de información geográfica	19
RESULTADOS	21
Abundancia de <i>Anopheles albimanus</i>	21
Descripción de poblados	23
Poblados con densidades altas de mosquitos	23
Poblados con densidades medias de mosquitos	24
Poblados con densidades bajas de mosquitos	24
Selección de factores del entorno ambiental	25
Ríos	26

Arroyos	27
Canales principales	27
Canales secundarios	27
Lagunas permanentes	27
Lagunas temporales	27
Refugios naturales	28
Viviendas	28
Ganado vacuno	28
Ganado equino	28
Criaderos potenciales	28
Elevación	29

DISCUSION	31
CONCLUSIONES	35
LITERATURA CITADA	36



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

INDICE DE TABLAS y FIGURAS

Tabla 1. Localidades de estudio por municipio.

Tabla 2. Grupos de poblados de acuerdo a sus densidades de mosquitos.

Tabla 3. Frecuencia de variables por tipo de cobertura de suelo en poblados con densidades altas de mosquitos.

Tabla 4. Frecuencia de variables por tipo de cobertura de suelo en poblados con densidades medias de mosquitos.

Tabla 5. Frecuencia de variables por tipo de cobertura de suelo en poblados con densidades bajas de mosquitos.

Figura 1. Mapa del área de estudio.

Figura 2. Representación esquemática de un sistema de información geográfica.

Figura 3. Distribución estacional de *Anopheles albimanus* adultos en 15 poblados del área costera del sur de Chiapas.

Figura 4. Precipitación media mensual registrada en dos estaciones meteorológicas en el área de estudio.

Figura 5. Frecuencias de los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados establecidos en base a su densidad relativa de mosquitos en la época de lluvias.

Figura 6. Proporción de área que ocupan los diferentes tipos de cobertura de suelo en los poblados que conforman el grupo con densidades altas de mosquitos.

Figura 7. Proporción de área que ocupan los diferentes tipos de cobertura de suelo en los poblados que conforman el grupo con densidades medias de mosquitos.

Figura 8. Proporción de área que ocupan los diferentes tipos de cobertura de suelo en los poblados que conforman el grupo con densidades bajas de mosquitos.

Figura 9. Distribución de frecuencias de ríos en los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados.

Figura 10. Distribución de frecuencias de arroyos en los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados

Figura 11. Distribución de frecuencias de canales principales en los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados.

Figura 12. Distribución de frecuencias de canales secundarios en los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados.

Figura 13. Distribución de frecuencias de lagunas permanentes en los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados.

Figura 14. Distribución de frecuencias de lagunas temporales en tres tipos de cobertura de suelo en dos grupos de poblados.

Figura 15. Distribución de frecuencias de refugios naturales potenciales en los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados.

Figura 16. Distribución de viviendas en los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados.

Figura 17. Distribución de ganado vacuno en los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados.

Figura 18. Distribución de ganado equino en los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados.

Figura 19. Porcentaje de criaderos positivos de larvas de *Anopheles albimanus* encontrados en los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados.

Figura 20. Localización de los 15 poblados en sus respectivos rangos de elevación.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo identificar los elementos de la composición y estructura del entorno ambiental circunvecino a asentamientos humanos que determinan la distribución y abundancia de *Anopheles albimanus* adultos en diferentes poblados, utilizando un sistema de información geográfica.

Se monitorearon las poblaciones de *An. albimanus* en 15 poblados localizados en el plano costero del sur de Chiapas durante un período de 13 meses: de julio de 1991 a agosto de 1992. Así mismo, en fotografías aéreas de los 15 poblados, se delimitó un área no menor de 1 km alrededor de cada uno de ellos. Mediante visitas intensivas al campo (de octubre a diciembre de 1991), se describió el entorno ambiental dentro de ese km para cada poblado, en términos de vegetación, características hidrológicas (ríos, arroyos, lagunas, canales de irrigación, etc.) así como el número de casas y ganado (vacuno y equino) presentes.

El sistema de información geográfica consistió de 4 cubiertas o planos: las imágenes de los poblados digitalizadas de las fotografías aéreas integradas en una sola imagen, la imagen de la hidrología, de la elevación y de las líneas de transportación, las últimas tres digitalizadas de los mapas de INEGI correspondientes al área de estudio.

Con el sistema de información geográfica se realizó un análisis de superficie mediante el cual se determinaron la frecuencia, área y proporción de las coberturas de suelo, así como la frecuencia de ríos, arroyos, canales principales, canales secundarios, lagunas permanentes, lagunas temporales, y el total de casas y ganado, por cobertura de suelo. Fueron identificados 12 tipos de cobertura de suelo: pasto cultivado, pasto mixto, pasto natural, campos abandonados, cultivos anuales, cultivos permanentes, bosque secundario, plátano, transicional, urbanas/otras, ribereña y manglares.

La abundancia de mosquitos expresada en promedio mensual de mosquitos capturados por trampa por noche, varió espacial y temporalmente, sin embargo el patrón de fluctuación fue muy similar en los 15 poblados. De tal forma, se establecieron tres grupos de poblados de acuerdo a las densidades promedio registradas durante la época de lluvias, que es el período de mayor transmisión de paludismo en el área: altas (más de 5 mosquitos en promedio), medias (de 2 a 5 mosquitos) y bajas (menos de 2 mosquitos).

Lo que caracterizó a los poblados con densidades altas de mosquitos fueron la presencia de ganado (vacuno y equino) asociado a los pastos cultivado, mixto y natural, la presencia de vegetación que pudiera servir de refugios naturales de mosquitos, la presencia de lagunas temporales y canales principales asociados a los pastos, así como el mayor porcentaje de criaderos (de larvas de mosquitos) positivos en comparación con los otros 2 grupos de poblados. Por último, la mayoría de los poblados con altas densidades de mosquitos se localizaron en un rango de elevación de 0 a 10 m snm.

INTRODUCCION

El paludismo es uno de los principales problemas de salud pública en América Latina, donde se estima que anualmente se presentan más de un millón de casos (Rodríguez y Loyola, 1989).

En México, a partir de 1988, cuando se reportaron 116,238 casos en 30 estados, se ha observado una disminución en la incidencia de esta enfermedad, llegando a menos de 50,000 los casos registrados en 1990 (DGE, 1991). Durante 1991, el paludismo continuó con la tendencia decreciente que se ha venido observando a partir de 1988. El número total de casos reportados en 1991 fue de 26,565 representando una reducción del 40.32% con respecto a 1990 (DGE, 1992).

Se estima que 58.5% del total de la superficie del territorio nacional corresponde a zonas potencialmente palúdicas. Estas comprenden las planicies costeras y las estribaciones de la Sierra Madre Occidental, en los litorales del Pacífico y el Golfo de México y las planicies de la Península de Yucatán, el área del centro del país hasta el trópico de Cáncer y algunas regiones más al norte en las zonas montañosas de Durango y Chihuahua. Por otra parte se considera que el 53.1% de los habitantes de México, se encuentran expuestos al riesgo de contraer paludismo.

Los principales vectores en México son *Anopheles pseudopunctipennis* y *An. albimanus* (Rodríguez y Loyola 1989), aunque últimamente se ha incriminado a *An. vestitipennis* como un probable vector en la selva Lacandona (Loyola *et al.* 1991). *An. pseudopunctipennis* se distribuye en gran parte de América Latina, desde el norte de Argentina y Chile, hasta la parte sureste de los E.E.U.U., alcanzando elevaciones de hasta 2,300 m (Hechtt, 1945). *An. albimanus* está ampliamente distribuido a lo largo de los planos costeros de México, Centro América, norte de Sur América y el Caribe (Faran, 1980).

A partir de los últimos años, las campañas de erradicación del paludismo han cambiado por estrategias de control. Las campañas de erradicación contemplaban el rociado intradomiciliar con DDT para controlar las poblaciones del vector, la administración de medicamentos antipalúdicos, así como manejo

ambiental en países desarrollados. El paludismo se logró erradicar en más de 30 países, principalmente desarrollados (Wernsdorfer 1980) mientras que en la gran mayoría sólo se logró disminuirlo durante unos años. Las estrategias de control en cambio ya no tienen como objetivo la eliminación del paludismo, sino mantenerlo a niveles aceptables.

Dadas las dificultades para el control de la enfermedad, existe gran interés en el desarrollo de nuevas alternativas de control. Se ha argumentando que existe resistencia a los insecticidas más comúnmente usados, y en algunos países, a los fármacos para combatir el parásito. Sin embargo, en América no existen evidencias de resistencia de *Plasmodium vivax* a los fármacos (Loyola y Rodríguez 1992) y al menos en México, el DDT aún es una alternativa eficaz para el control del paludismo (M. H. Rodríguez, com. pers.), no necesariamente porque los mosquitos sean susceptibles a él, sino por el efecto de irritabilidad que provoca, lo cual evita el contacto vector-hombre (Loyola *et al.* 1990). En América Latina como en otras áreas, las principales dificultades para el control eficaz del paludismo obedecen a situaciones políticas, económicas y administrativas, y a la gran extensión de las áreas palúdicas que dificultan su cobertura.

Por otro lado, la creciente prevalencia de paludismo en el mundo a impulsado a muchas agencias e instituciones, incluyendo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), a un llamado para el desarrollo de nuevos enfoques para la vigilancia y control de paludismo (Najera 1989). Un elemento esencial en este desarrollo es el reconocimiento de la variabilidad de parámetros ambientales y epidemiológicos que influyen los patrones de poblaciones de vectores de paludismo y el riesgo de transmisión de la enfermedad. Durante los estadios larvales, los vectores de paludismo requieren un ambiente acuático frecuentemente descrito en términos de vegetación y agua. En muchas áreas es posible reducir la prevalencia de paludismo localizando y tratando esos hábitats larvarios (Ross 1911). Desafortunadamente, las técnicas actuales para localizar hábitats larvarios y monitorear poblaciones de mosquitos son laboriosas, tardadas, e imprácticas sobre grandes áreas.

La vigilancia de paludismo incluye (1) la enfermedad en poblaciones humanas, (2) patrones de resistencia a drogas en parásitos y (3) intensidad de transmisión por poblaciones del vector. En programas de control de paludismo

donde el control del vector constituye un componente importante en la estrategia global del programa, es esencial un sistema de vigilancia para estimar con precisión la abundancia del vector. Tales programas por lo general se enfocan en cuantificar parámetros epidemiológicos importantes de la población adulta anofelina, sin embargo, un entendimiento básico de la biología de estadios acuáticos del vector es también extremadamente relevante para el control de paludismo (Oaks 1991).

En ese sentido, se requieren nuevas técnicas que permitan establecer mecanismos que garanticen que el control se lleve cabo en el momento preciso y en el lugar que se requiera y con una gran cobertura regional integral.

Actualmente, en Tapachula, Chiapas, se está llevando a cabo la fase II del proyecto multidisciplinario "Monitoreo de la biósfera y predicción de enfermedades" (Roberts *et al.* 1991). Este proyecto se inició en 1985 y se planeó en tres fases. La primera fue conducida en el valle central de California en Estados Unidos y fue designada para demostrar la "factibilidad del concepto". La investigación de la primera fase fue conducida en campos de arroz donde se cría el mosquito *Anopheles freeborni*. Esos estudios demostraron que con el uso de tecnologías de sensores remotos y sistemas de información geográfica fue posible predecir con precisión cuales campos de arroz serían los productores altos de anofelinos 2 meses antes de que el pico de población ocurriera (Wood *et al.* 1991a, Wood *et al.* 1991b). Después del éxito de la primera fase, el programa de investigación de la segunda fase se inició en Tapachula, Chiapas, para el desarrollo de un modelo predictivo de paludismo, basado en la detección y monitoreo del vector en el área (*An. albimanus*) por medio de datos obtenidos con sensores remotos. En las primeras investigaciones de este proyecto, se estudiaron las variables fisicoquímicas en diferentes hábitats larvarios de *An. albimanus* (Savage *et al.* 1990, Rejmankova *et al.* 1991). Posteriormente se estudiaron los hábitats larvarios de *An. albimanus* y se clasificaron en tipos de hábitats en base a la semejanza morfológica de las especies vegetales asociadas a estos hábitats (Rejmankova *et al.* 1992). En otro estudio más reciente se encontraron cuáles de estos tipos de hábitats fueron más productores y más frecuentes en unidades de vegetación mayores presentes en el área (Rodríguez *et al.* en prensa).

Con este proyecto se pretende integrar la información de cobertura del suelo derivada de datos de sensores remotos, comprobación en campo, y otros datos ambientales y cartográficos dentro de un sistema de información geográfica para predecir variaciones espaciales y temporales en la abundancia del vector y el potencial de transmisión de paludismo (Roberts *et al.* 1991). Los datos de sensores remotos se usarán además para identificar y cuantificar los criaderos de mosquitos en las inmediaciones de los poblados, para actualizar la información de los mapas y, en parte, para monitorear la tasa y dirección de cambio en parámetros ambientales críticos.

El término sensores remotos puede ser definido como el proceso de derivar información por medio de sistemas que no están en contacto directo con los objetos o fenómenos de interés. Con estudios de campo apropiados, los sensores remotos pueden identificar y mapear extensivamente de manera probabilística los hábitats potenciales de vectores específicos (Hugh-Jones 1989). Por otro lado, un sistema de información geográfica se puede definir como la secuencia completa de componentes para adquirir, procesar, almacenar y manejar datos espaciales. Su principal utilidad es que permite la integración de datos bibliográficos, de laboratorio, y de campo, con datos de sensores remotos (Star y Estes 1990).

A escalas regional y local, los patrones espaciales y temporales de poblaciones anofelinas son fuertemente influenciadas por elevación, temperatura, precipitación y humedad (Dutta y Dutt 1978). Individualmente, esos factores no pueden ser fácilmente caracterizados usando sensores remotos directamente. Sin embargo, la vegetación de un área refleja la integración de todos esos factores, y esta integración puede ser detectada con sensores remotos.

ANTECEDENTES

Sistemas de Información Geográfica.

Un sistema de información geográfica (Geographic Information Systems, GIS), está diseñado para aceptar, organizar, analizar estadísticamente y proyectar diversos tipos de información espacial que están referenciados digitalmente a un sistema de coordenadas común, de una proyección y escala particulares. Cada variable es archivada en una computadora en formato digital-compatible como una capa o plano referenciada geográficamente, llamada base de datos. Las bases de datos pueden representar muchos tipos diferentes de información aérea; algunos ejemplos representativos incluyen descripciones del terreno, tipos de suelo, clima, uso del suelo, cobertura del suelo, densidad de población, etc. Cuando esta información es registrada digitalmente una con otra, los juegos de datos de n capas (o planos) componen el banco de datos del GIS relacionado a un problema determinado (Avery y Berlin, 1985).

Los principales usos que se le han dado a los sistemas de información geográfica son en estudios geológicos, hidrológicos, meteorológicos, de conservación ambiental, y agrícolas (Cress y Deister 1990, Eckhardt *et al.* 1990, Berry y Sailor 1987, Chou *et al.* 1990, Janssen *et al.* 1990).

En lo que se refiere a problemas de salud pública, ya desde 1970 Cline había indicado su potencial para estudios epidemiológicos usando fotografía aérea y otras técnicas de sensores remotos. Cross *et al.* (1984), utilizaron variables climatológicas y datos generados de imágenes obtenidas del satélite Landsat para predecir áreas endémicas de esquistosomiasis. Primero desarrollaron un algoritmo de interpolación para proveer temperaturas medias mensuales y datos de precipitación para cualquier sitio determinado. Después utilizaron las medias y varianzas de datos obtenidos del Landsat en un modelo de regresión, para integrar variables geográficas dentro del sistema y así mejorar las capacidades predictivas. Finalmente produjeron un mapa de distribución de la enfermedad, basado en la correlación estadística entre las probabilidades de ocurrencia y las variables geográficas.

En un esfuerzo de la UNICEF para erradicar la dracunculiasis, Clarke *et al.* (1991) evaluaron la utilización de sensores remotos y sistemas de información geográfica y concluyen que la combinación de ambas tecnologías ofrece a los epidemiólogos un nuevo e importante medio para efectivamente implementar soluciones al manejo de problemas en salud pública.

Barnes e Higuera (1975) utilizaron esta tecnología para desarrollar técnicas básicas de sensores remotos para definir condiciones ambientales para la propagación de la mosca del gusano barrenador. Hugh-Jones *et al.* (1992) en un estudio sobre el reconocimiento de hábitats de *Amblyomma variegatum* con sensores remotos, utilizaron datos del Landsat-TM (thematic mapper) para clasificar el área dentro de hábitats de vegetación mayores; posteriormente compararon las infestaciones de garrapatas en ganado observadas, con los hábitats de pastizales identificados con el Landsat. Concluyeron que los hábitats de *A. variegatum* podrían ser distinguidos con sensores remotos.

Existen otros estudios, en enfermedades transmitidas por artrópodos, donde se utilizan sensores remotos, remarcando la importancia de esta tecnología tanto para la detección, identificación, caracterización y clasificación de criaderos de mosquitos, así como en programas de control (Barnes y Cibula 1979, Hayes *et al.* 1985, Jovanovic 1987, Linthicum *et al.* 1991, Wood *et al.* 1991a). Rogers y Randolph (1991), encontraron que las tasas de mortalidad, el tamaño de hembras y machos, y la abundancia de 2 especies de moscas tsetsé en África, están altamente correlacionados con los índices normalizados de diferencia de vegetación (NDVI) obtenidos con satélites meteorológicos. Arp (1975) encontró que las áreas de criaderos de *Aedes sollicitans* en Texas, están asociadas con *Distichlis spicata* y que ambas especies responden a condiciones ecológicas similares en las marismas saladas.

Biología de *Anopheles albimanus*.

Los criaderos de *Anopheles albimanus* ocurren en cuerpos de agua clara, soleados con poco movimiento en una variedad de ambientes ecológicos. Breeland (1972) encontró que los hábitats de época de secas son: estuarios, ríos, canales de irrigación y cuerpos de agua permanente con márgenes estables. Los hábitats de la época de lluvias comienzan con la inundación de las marismas costeras, seguidos por inundaciones tierra adentro, como serían márgenes de lagos, zanjas, pastizales, etc.

En la planicie costera de Chiapas, Savage *et al.* (1990) encontraron, que en época de seca, las larvas de *An. albimanus* están restringidas a los márgenes de cuerpos de agua permanentes y asociadas con la presencia de plantas flotantes, particularmente *Eichhornia crassipes*. Durante la época de lluvias éstas estuvieron positivamente asociadas con plantas emergentes, particularmente Cyperaceae, y con concentraciones de fósforo; y estuvieron negativamente asociadas con abundantes algas filamentosas, altos niveles de sólidos totales suspendidos y con *Salvinia*.

En un estudio conducido posteriormente, Rejmankova *et al.* (1992) clasificaron 131 hábitats individuales de *An. albimanus* en 16 tipos de hábitats basados en 37 variables ambientales. Los tipos de hábitats fueron definidos estrictamente en base a parámetros botánicos y limnológicos. Al relacionar estos tipos de hábitats con sus densidades larvarias quedaron integrados en tres amplios grupos. Los hábitats con mayor abundancia de larvas fueron los de Cyperaceae y otras graminoides, de algas planctónicas y graminoides.

En otro estudio más reciente, Rodríguez *et al.* (en prensa) integraron estos tipos de hábitats en unidades de vegetación mayores, es decir, dentro de sus respectivas zonas ecológicas, y encontraron que las zonas de pastos seguidas por las áreas de transición entre los pastos y los manglares, fueron las que presentaron la mayor abundancia larvaria. También encontraron que la extensión e inundación de esas áreas durante la época de lluvias, son las que producen los picos poblacionales de adultos de *An. albimanus* durante el pico de transmisión de paludismo a lo largo de la costa. Al comparar la variación temporal en la abundancia larvaria y la abundancia de adultos de los poblados

cercanos (estimada en capturas de cebo humano) encontraron una correlación significativa.

La identificación de sitios de reposo naturales, ha provisto de una valiosa herramienta para señalar poblaciones de mosquitos en conexión con estudios en bionomía y control (Breeland 1972). El mismo autor señala que en general, cualquier cavidad o resguardo sombreado puede servir como refugio para *An. albimanus*. Los nichos encontrados en ecotonos de bosques y campos abiertos parecen ser preferidos a los encontrados ya sea muy adentro en los bosques o refugios aislados en áreas abiertas. Así mismo menciona que la experiencia ha mostrado que donde *An. albimanus* es encontrado durante capturas nocturnas, también está presente en los nichos diurnos en la misma cercanía.

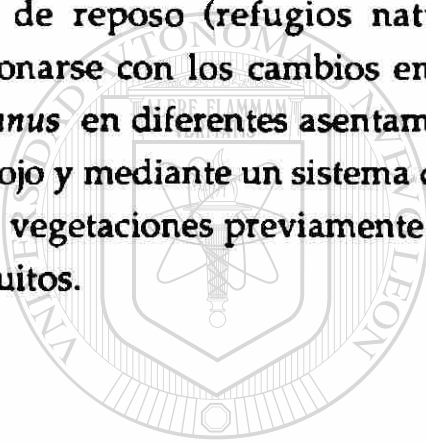
La eficacia de los anofelinos como vectores se debe a cuatro características principales de las hembras: alimentarse con frecuencia de sujetos humanos, ser moderadamente sensibles a los gametocitos, vivir el tiempo suficiente para que el parásito complete su desarrollo y estar presentes en número suficiente para mantener la transmisión (McGregor, 1976). *Anopheles albimanus* es una especie principalmente zoofílica (Breeland 1972, Garret-Jones *et al.* 1980) y las altas tasas de infección en poblaciones humanas están frecuentemente asociadas con tasas de esporozoitos muy bajas en las poblaciones de mosquitos (Rozeboom 1938, Rachou *et al.* 1973, Ramsey *et al.* 1986). Una de las razones para que la transmisión de paludismo sea mantenida por este vector es sus altas tasas de picadura (Bown *et al.* 1991).

El reconocimiento de las interacciones entre hombre, enfermedad, vector y el ambiente ya han sido documentadas en la historia de la investigación en enfermedades infecciosas. Pavlosky (1960), observó que las enfermedades transmitidas por artrópodos se presentan cuando existen clima, vegetación, suelo y microclima favorable específicos en los lugares donde vectores, donadores y receptores de la infección coinciden (el aspecto espacial). Más aún, encontró que la circulación de la enfermedad toma lugar sólo cuando las condiciones ambientales son favorables (el aspecto estacional).

En ese sentido, la aparición de casos de paludismo en la planicie costera de Chiapas, está relacionada a condiciones ambientales, mismas que favorecen la

proliferación de mosquitos *An. albimanus*. Las condiciones ambientales óptimas consisten de suficiente lluvia para generar gran cantidad de criaderos. Además de la lluvia, otros parámetros ambientales que influyen en la disponibilidad de criaderos favorables, son vegetación, topografía, tipo de suelo, temperatura, etc. Por último, otro elemento sustancial es la distancia a las fuentes de alimento, poblaciones animales (ganado por ejemplo), pueden ser posiblemente un factor importante no tan sólo para que las poblaciones de mosquitos se mantengan, sino también para que ocurran los movimientos entre criaderos, sitios de reposo y poblaciones humanas.

Por lo anterior se planteó el presente trabajo, en el cual se estudiaron algunos aspectos del entorno ambiental, como son la asociación de criaderos, sitios de reposo (refugios naturales) y fuentes de alimento que pudieran relacionarse con los cambios en las poblaciones de mosquitos adultos de *An. albimanus* en diferentes asentamientos humanos, utilizando fotografías de color infrarojo y mediante un sistema de información geográfica, con particular énfasis en las vegetaciones previamente identificadas como importantes productoras de mosquitos.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

OBJETIVO GENERAL

Identificar los elementos de la composición y estructura del entorno ambiental que determinan la distribución y abundancia de *An. albimanus* adultos en diferentes asentamientos humanos.

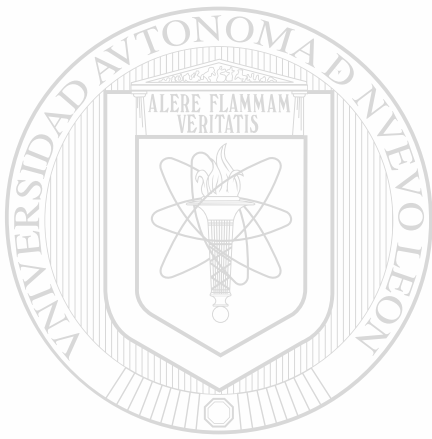
OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Determinar las densidades poblacionales de adultos de *An. albimanus* en diferentes asentamientos humanos.
2. Establecer posibles relaciones entre las poblaciones de adultos de *An. albimanus* y las características del entorno ambiental más relevantes.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN[®]
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

HIPOTESIS DE TRABAJO

La composición y estructura del entorno ambiental circunvecino a asentamientos humanos son determinantes de la distribución y abundancia de *An. albimanus* adultos en estos poblados.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

MATERIAL Y METODOS

Area de estudio.

El estudio se realizó en 15 poblados distribuidos en un área de aproximadamente 800 Km², delimitada por las siguientes coordenadas: 15° 00' 06" N y 92° 31' 24" O, 15° 00' 06" y 92° 10' 47" O, 14° 32' 04" N y 92° 13' 37" O, 14° 32' 04" N y 92° 10' 47" O en el plano costero del sur de Chiapas. El clima en esta área es cálido subhúmedo (García, 1973), con dos estaciones bien definidas: la de lluvias que comprende de Mayo a Octubre, y la de secas de Noviembre a Abril. La precipitación media en la región es de 2,153 mm, y la temperatura media mensual de 27-30°C (Thalman, 1984). La humedad relativa varía de 61-95% (Verhoef, 1986). En el área de estudio se encuentran tres ríos principales: El Huehuetán, el Coatán y el Cahuacán. Sin embargo, existen una gran cantidad de arroyos permanentes y corrientes intermitentes entre estos tres ríos, muchas de las cuales son tributarias de los mismos (Figura 1). Además, es importante mencionar que estos ríos, así como algunos arroyos permanentes, se pierden entre los manglares antes de desembocar en el océano.

La planicie costera se inicia desde el Istmo de Tehuantepec en Oaxaca y se extiende a lo largo del estado de Chiapas hasta El Salvador en Centro América. El ancho de la misma varía de 20 a 30 km (Thalman, 1984).

A lo largo de la costa se encuentran extensas áreas de manglares (*Rhizophora mangle* y *Avicenia germinans*, principalmente), las cuales están separadas de la costa por barras arenosas de tamaño variable. Durante la época de lluvias, esas barras marcan los límites de estuarios y lagunas costeras que se extienden varios kilómetros a lo largo de la costa. Los estuarios se conectan al mar durante la época de lluvias mediante aperturas de las barras. Tierra adentro, se alternan bandas estrechas de bosque tropical deciduo, bosque de palma y bosque tropical semi-siempreverde (Miranda 1952, Breedlove 1981). Sin embargo, en el área de estudio gran parte de la vegetación natural ha sido reemplazada por cultivos agrícolas y pastizales. De tal forma que en las inmediaciones de las comunidades más cercanas a la costa, los cultivos más comunes son el coco, ajonjolí, plátano y maíz, mientras que en las más alejadas los son la soya, mango, cacao y tamarindo.

Los 15 poblados donde se realizó el estudio se encuentran en elevaciones que van desde 0-100 m snm, y son las siguientes: Morelos (1820 habs), La Esperanza (556 habs), Unión Miramar (578 habs) e Hidalgo (557 habs), del municipio de Tapachula; San Simón (207 habs), La Victoria (606 habs), Efraín A. Gutiérrez (619 habs), Aquiles Serdán (1244 habs), y Marte R. Gómez (820 habs), del municipio de Mazatán; Cosalapa (506 habs), Barra Cahuacán (301 habs), Dorado Nuevo (902 habs), y Miguel Alemán (751 habs), del municipio de Suchiate; Guadalupe Victoria (1186 habs), del municipio de Tuxtla Chico; y por último Huachipilín (866 habs), del municipio de Huehuetán. Durante 1991, las comunidades positivas para paludismo fueron las siguientes: Morelos con un índice parasitario anual por 1000 habitantes (IPA) de 1.09, La Esperanza con un IPA de 1.79, Hidalgo con un IPA de 1.79, La Victoria con un IPA de 3.3, Aquiles Serdán con un IPA de 0.80, Barra Cahuacán con un IPA de 3.32, Dorado Nuevo con un IPA de 8.86, Miguel Alemán con un IPA de 14.64, Guadalupe Victoria con un IPA de 2.53, y Huachipilín con un IPA de 1.15 (Tabla 1).

Muestreo de mosquitos adultos.

El período de muestreo comprendió 13 meses, de julio de 1991 a agosto de 1992. Para el muestreo de las poblaciones de mosquitos adultos, se utilizaron 4 trampas de luz ultravioleta tipo "up-draft" (John W. Hock Company) distribuidas al azar en 4 casas de cada poblado. Las trampas se colocaron una vez por semana en el peridomicilio de las viviendas de tal forma que para muestrear los 15 poblados en una semana, se visitaron 3 poblados por día. Las trampas se pusieron en funcionamiento de las 18:00 a las 06:00 h con la colaboración de los habitantes de las viviendas donde se colocaron las trampas, para su encendido y apagado a las horas antes mencionadas. Debido a que sólo *An. albimanus* era de interés para el estudio, la identificación y registro del material colectado se llevó a cabo en cada lugar donde se colocaron las trampas. En ese sentido no fueron necesarias técnicas de preservación y montaje específicas.

Los datos de las colectas de mosquitos (número total de mosquitos por trampa) se capturaron en una computadora Macintosh IIfx (Apple Computer Inc.) en el programa Excel 3.0 (Microsoft Inc.).

Descripción del entorno ambiental.

Para delimitar el área dentro de la cual se realizarían las descripciones del entorno ambiental de cada uno de los poblados, se utilizaron fotografías aéreas de color infrarojo de orientación vertical, en escala aproximada de 1:20,000 tomadas a bordo de un avión ER2 en 1988, proporcionadas por NASA, Ames Research Center. Se decidió delimitar un área no menor de 1 km alrededor de cada poblado debido a que se consideró que el rango de vuelo de *An. albimanus* se encuentra dentro de esa distancia (Hobbs *et al.* 1974). En las mismas fotografías y sobre cubiertas de acetato se delimitaron y marcaron con marcador de tinta permanente, los polígonos observados en las fotografías. Estos polígonos son las figuras geométricas que aparecen en las fotografías aéreas cuya forma está dada por las características del terreno (de vegetación principalmente). Mediante visitas intensivas a cada poblado, se describieron las características de cada uno de los polígonos previamente marcados en las fotografías. La descripción consistió en recorrer el área de cada polígono e ir anotando en una forma de campo la siguiente información:

- 1) Textura del suelo (arenoso, arcilloso, etc.).
- 2) Cobertura del suelo; tanto cultivos anuales o perennes, como pastizales o zonas naturales.
- 3) La presencia de criaderos potenciales de mosquitos, como son; ríos, arroyos, charcas, canales de riego, lagunas temporales o permanentes. Esta información se registró aún y cuando en esos sitios no existía agua, de igual forma se registraron también todas aquellas características del terreno que presentaron la posibilidad de formar criaderos una vez que hubiera agua en la zona.
- 4) La presencia de áreas arboladas que por su cobertura y características (tipo de sustrato, huecos en árboles, huecos en suelo, etc.), pudieran ser áreas potenciales de reposo de mosquitos adultos.
- 5) El número de casas, y el tipo y número de animales.

Para tener la seguridad de que la descripción se estaba realizando en el polígono seleccionado en la fotografía, se buscaban en el área del polígono elementos conspicuos observados en la fotografía, como árboles grandes, caminos, arroyos, etc. Si se encontraba con que el polígono de la fotografía no correspondía en forma y dimensiones con el observado en campo, este se redibujaba en el acetato sobre la fotografía. Esto último sucedió con cierta

frecuencia y la principal causa fue que de dos a varios polígonos adyacentes en la fotografía, a la fecha de realizar las descripciones se encontraban fusionados, es decir con el mismo uso de suelo, o sin alguna división que los separara (un camino o una cerca).

A cada polígono se le asignó una clave de identificación única en orden progresivo, al momento de iniciar la descripción en el campo, de tal forma que la información contenida en las formas de campo estaba relacionada a su polígono mediante su número de registro correspondiente.

La descripción de los polígonos de los 15 poblados se completó en un período de tres meses, de octubre a diciembre de 1991, básicamente en la época de secas. Sin embargo al inicio de la época de lluvias en 1992 (del 11 de mayo al 15 de julio), se visitaron de nuevo todos aquellos polígonos que en sus registros se encontró la presencia de algún criadero potencial, con el fin de realizar muestreos de larvas de *An. albimanus* y determinar si eran positivos o negativos. Para tal efecto se realizaron 10 calados con un calador standard de 450 ml.

Las formas de campo con la información de las descripciones de los polígonos, se capturaron en una computadora Macintosh IIfx (Apple Computer Inc.) en el programa Excel 3.0 (Microsoft Inc.).

Procesamiento de datos.

Densidades de mosquitos. Las densidades relativas de poblaciones de mosquitos se expresaron en promedio de mosquitos por trampa por noche, y la fluctuación de estas poblaciones por mes. Se establecieron tres categorías de poblados en base a la densidad relativa promedio de mosquitos adultos por poblado en la época de lluvias: en la categoría alta se incluyeron todos aquellos poblados con densidades de captura mayores de 5 mosquitos por trampa, en la categoría media aquellos con densidades de 2-5 mosquitos, mientras que en la categoría baja aquellos con densidades menores de 2 mosquitos por trampa por noche. Esta categorización se hizo en base a las densidades relativas promedio registradas durante la época de lluvias (Mayo-Octubre), ya que es el período de mayor transmisión de paludismo en el área. Un ANOVA no paramétrico de Kruskal-Wallis se realizó con el fin de determinar diferencias significativas de cada categoría entre sí. Una comparación múltiple no paramétrica tipo Tukey (Zar, 1984) se empleó para determinar entre cuales categorías se encontraban las diferencias.

La cobertura del suelo se refiere a la vegetación predominante en los polígonos descritos en campo. Como canales principales se definieron a aquellos que distribuyen agua en un sistema de riego entre varias parcelas o bien obras de ingeniería con el propósito de drenar áreas susceptibles a inundarse en época de lluvias, mientras que canales secundarios a los que se ramifican de los principales y de los cuales se toma el agua con que se riegan los cultivos. Los refugios naturales se definieron en base a la experiencia que se tiene en el Centro de Investigación de Paludismo efectuando capturas de mosquitos reposando entre la vegetación, y fueron áreas con cobertura arbórea de cualquier tipo, necesaria para evitar que los rayos del sol penetraran directamente y en donde se observaran sitios específicos adecuados para mantener un microclima favorable, como huecos de árboles, vegetación densa, madrigueras de animales, bajo rocas, etc.

Del análisis de superficie en el sistema de información geográfica se obtuvieron la frecuencia, área y proporción de cada cobertura del suelo en cada poblado. De igual forma se obtuvieron el total de vacas, caballos y número de casas, así como la frecuencia de ríos, arroyos, canales principales, canales secundarios, lagunas permanentes, lagunas temporales y refugios naturales, por tipo de cobertura del suelo, y para cada poblado.

Digitalización de poblados. Las fotografías aéreas de cada poblado se digitalizaron por separado por el método de espagueti¹ en el programa Map Graftix 2.5 (ComGraftix Inc.) en una computadora Macintosh IIfx (Apple Computers Inc.). En este mismo programa se procedió a la construcción de polígonos² para después asignarle a cada uno la misma clave de identificación que su registro de la información de campo. El proceso de asignación de la clave de identificación se hizo en forma manual, seleccionando cada polígono por separado. Primero se desplegó la ventana de "Data Manager", después se seleccionó el ícono "ID", y posteriormente se escribió la clave del polígono que previamente se había seleccionado.

Posteriormente, los archivos generados en Map Graftix 2.5 así como la base de datos en Excel conteniendo la información de campo de los polígonos para

¹Digitalización en espagueti es un término utilizado para describir un método de capturar datos espaciales adyacentes sin trazar todos los límites comunes dos veces.

²Construcción de polígonos es un comando del programa que debe ejecutarse para separar las figuras geométricas almacenando separadamente en el archivo de la imagen, los nodos (coordenadas) que definen cada figura (polígono).

cada una de las imágenes (poblados), se transfirieron al paquete de información geográfica ARC/Info (Environmental Systems Research Institute) en el Centro de Cómputo de NASA Ames Research Center de Moffett Field, California. La razón por la cual se transfirieron a otro programa es que este último tiene mayor poder y facilidad para manipular la imagen digitalizada e integrarla con su respectiva base de datos. Una vez integrados se procedió a seleccionar de cada imagen de los poblados, una porción de exactamente 1 km alrededor de cada poblado (como si se tratase de un saca bocados) (buffer³). Mediante este proceso también se seleccionó la información de campo (de cada polígono) debido a que la base de datos ya estaba integrada a la imagen.

Digitalización de hidrología, topografía y transportación. De los mapas de INEGI (1980) de escala 1:50,000 correspondientes al área dentro de la cual se localizan los 15 poblados, se digitalizaron la topografía, la hidrología y las líneas principales de transportación. Este procedimiento se llevó a cabo en NASA Ames Research Center. La digitalización se hizo por separado para cada una de las 4 cartas de INEGI que componen el área de estudio y que son las siguientes: Alvaro Obregón (B52), Tapachula (B53), Puerto Madero (B62) y Ciudad Hidalgo (B63).

Integración del Sistema de Información Geográfica. El primer paso para la integración del sistema de información geográfica, fue darle la localización a cada una de las imágenes digitalizadas de los 15 poblados, en coordenadas universales transversas de Mercator (UTM⁴). De esta forma quedaron referenciadas geográficamente. Posteriormente se procedió a proyectar cada uno de los poblados con sus polígonos dentro del kilómetro, en una sola imagen y se generó un solo archivo y una sola base de datos con la información de campo de cada polígono. Este procedimiento se llevó a cabo en el centro de cómputo e informática del Centro de Investigación de Paludismo, en una versión actualizada de MapGrafix (2.5).

En el siguiente paso, muy similar al anterior y también ejecutado en MapGrafix 2.5, se integraron las curvas de nivel digitalizadas de las 4 cartas de

³Buffer (que significa amortiguamiento) o proximidad, es una herramienta común en análisis espaciales con sistemas de información geográfica que sirve para desarrollar límites a distancias determinadas del sitio de interés.

⁴Universal Transverse Mercator.

INEGI en una sola imagen y en un solo archivo. Lo mismo se hizo con la hidrología y las líneas de transportación.

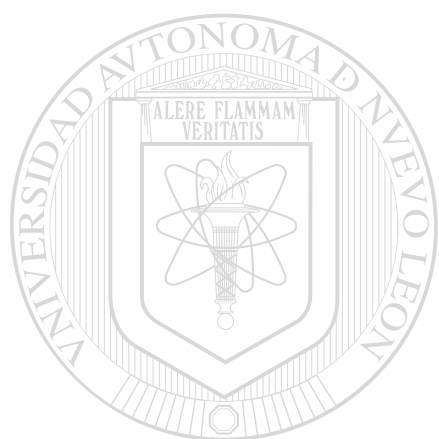
Hasta aquí, se generaron 4 archivos en MapGrafix: Los 15 poblados en una sola imagen, la imagen de elevación (curvas de nivel), la imagen de hidrología y la imagen de las líneas de transportación.

Se procedió después a integrarlas a su vez en una sola imagen. En esta última integración, la imagen resultante quedó compuesta de 4 superimposiciones, capas o cubiertas ("overlays"). Una representación esquemática de este procedimiento se presenta en la figura 2. Después de esto, el sistema de información geográfica quedó listo para su manipulación y para contestar las preguntas planteadas en el presente estudio.

Manipulación del sistema de información geográfica. Los sistemas de información geográfica, son capaces de ejecutar dos tipos de análisis automatizados: análisis de superficie y análisis de superimposición. Los primeros se aplican a relaciones intravariabiles que existen dentro de un plano de datos. La mayoría de los análisis de superficie producen nuevas variables que pueden ser aplicadas a otros procedimientos de análisis tanto de superficie como de superimposición. Los análisis de superimposición son aquellos que se aplican a relaciones intervariables creadas por superimposición o por acumulación de dos o más planos de datos. Uno de los usos más comunes de los análisis de superimposición es para derivar datos estadísticos y mapas especiales describiendo características compartidas. Para el presente estudio fue necesario llevar a cabo los dos tipos de análisis con el sistema de información geográfica.

En el análisis de superficie se determinó el área y la proporción que la cobertura del suelo registrada en cada polígono tuvo en relación al tamaño del mismo y con respecto al kilómetro a la redonda. De esta forma las diferentes coberturas del suelo adquirieron la misma dimensión para todas las localidades, es decir, se hicieron comparativas unas con otras. En este procedimiento se generaron también estadísticas descriptivas para el resto de las variables, las cuales se asociaron con las diferentes coberturas de suelo presentes en cada poblado. Por lo tanto, se generó una nueva base de datos en la cual se efectuaron las comparaciones estadísticas entre grupos de poblados (altos, medios y bajos). Para este propósito se empleó el ANOVA no paramétrico de Kruskal-Wallis, para las variables casas, vacas y caballos, y tablas de contingencia para el resto de las variables, en el paquete estadístico SPSS 4.0 para Macintosh.

Posteriormente se procedió al análisis de superimposición para establecer la relación entre los diferentes tipos de clasificación de poblados con la elevación, ya que líneas de transportación solo se utilizaron como referencia visual de los poblados y la hidrología se analizó de la información obtenida de la descripción en campo. En este tipo de análisis, de nuevo se generó otra base de datos en la cual se añadieron como variables la elevación y la hidrología.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

RESULTADOS

El período de muestreo de poblaciones de *An. albimanus* comprendió de julio de 1991 a agosto de 1992. Por otro lado, la descripción de los polígonos de las fotografías aéreas de los 15 poblados se llevó a cabo en un período de 3 meses, de octubre a diciembre de 1991. Se obtuvieron los registros de precipitación de dos estaciones meteorológicas de la Comisión Nacional del Agua, localizadas una en la cabecera municipal de Huehuetán y otra en el poblado Cahuacán, del municipio de Suchiate, respectivamente. De acuerdo a los registros de la estación de Huehuetán, los meses de mayor precipitación durante el estudio fueron septiembre y octubre en 1991 con promedios de 20 y 30 mm, respectivamente, y en junio de 1992, con un promedio de 15 mm. De igual forma fueron en la estación de Cahuacán, pero menos pronunciados en 1991 para los mismos meses (septiembre y octubre, 5 y 6 mm, respectivamente) y más pronunciado en 1992 (junio, 15 mm) (Figura 4).

Abundancia de *Anopheles albimanus*.

La abundancia de mosquitos adultos se expresó en promedio mensual de mosquitos capturados por trampa por noche. El patrón de fluctuación poblacional fue muy similar en los 15 poblados (Figura 3). Los meses en que las poblaciones declinaron, fueron de diciembre a abril (de 0 a 9.8 mosquitos por trampa por noche), los cuales correspondieron a los meses más secos durante el estudio (con un rango de 0-5 mm de precipitación), mientras que los meses en que se incrementaron las poblaciones fueron de mayo a noviembre (de 0 a 59.9 mosquitos por trampa por noche), meses que correspondieron al período de mayor precipitación pluvial. En este período y para los diferentes poblados, se observaron picos poblacionales en los meses de junio (0.11 a 38.16 mosq./trampa/noche, del poblado con más baja densidad al de más alta, respectivamente), julio (0.125 a 54.98 mosq./trampa/noche, del poblado con más baja densidad al de más alta, respectivamente) y agosto (0 a 17.48 mosq./trampa/noche, del poblado con más baja densidad al de más alta, respectivamente), bajando en septiembre y presentándose otro pico en el mes de octubre (25.2 mosq./trampa/noche). El único poblado en el cual se observó un desfase del patrón general fue San Simón que presentó un pico de 50.88.

mosq./trampa/noche en el mes de enero. Este poblado se encuentra en las inmediaciones de la costa y del sistema estuárico del río Coatán. Durante la época de seca, el nivel de agua del estuario es estable debido a que la boca barra se encuentra cerrada. A medida que inician las lluvias, el nivel del estuario comienza a aumentar inundando zonas aledañas, y una vez que se abre la boca barra, el nivel de agua disminuye y se ve sujeto al régimen de mareas. La boca barra comienza a cerrarse a medida que la época de lluvias desaparece, esto viene sucediendo entre noviembre y diciembre, y de nuevo aumenta el nivel del agua hasta alcanzar su máximo de la época de seca. En época de seca, los criaderos de *An. albimanus* se encuentran en remansos de los ríos, en cuerpos de agua permanentes y en los sistemas estuáricos. Durante la época de lluvias, aparecen nuevos criaderos temporales y los criaderos de los ríos decrecen en importancia debido al aumento de su caudal. También desaparecen los criaderos de los sistemas estuáricos por un aumento en la salinidad y disminución del nivel de agua debido a su apertura con el mar, además de intensos movimientos de agua debido al régimen de mareas.

Por ser la época de lluvias la más importante para la formación de criaderos y por lo tanto, en la producción de mosquitos adultos, los poblados se agruparon en tres categorías dependiendo del promedio total de mosquitos por trampa registrado durante esta época. En la categoría de poblados con promedio alto (más de 5 mosquitos por trampa) se ubicaron Cosalapa, San Simón, La Victoria, Huachipilín, Aquiles Serdán y Barra Cahuacán. En la categoría media (de 2 a 5 mosquitos por trampa) quedaron Dorado Nuevo, Marte R. Gómez, Morelos, Miguel Alemán y Efraín A. Gutiérrez. Finalmente en la categoría de poblados con densidades bajas (menos de 2 mosquito por trampa), se ubicaron Hidalgo, La Esperanza, Guadalupe Victoria y Unión Miramar (Tabla 2). Mediante el ANOVA no paramétrico de Kruskal-Wallis se encontró que los tres grupos difieren entre sí ($X^2 = 160.578$ gl = 2, $p < 0.00001$), por lo que se procedió con la comparación múltiple no paramétrica tipo Tukey a un nivel de confiabilidad de 0.05. Los resultados de la comparación muestran que efectivamente las categorías son bien establecidas, ya que el grupo de poblados con densidades altas difiere del grupo con densidades medias ($Q=5.95 > Q_{0.05,3}$) y del grupo con densidades bajas ($Q=12.46 > Q_{0.05,3}$); a su vez, el grupo con densidades medias difiere del grupo de poblaciones bajas ($Q=8.38 > Q_{0.05,3}$).

Descripción de poblados.

De toda la información de campo registrada en cada polígono de los 15 poblados, se obtuvieron 12 variables: localidad, cobertura del suelo, ríos, arroyos, canales principales, canales secundarios, lagunas permanentes, lagunas temporales, refugios naturales, casas, vacas y caballos.

Poblados con densidades altas de mosquitos. Los poblados que previamente se definieron como altos en base a su abundancia de mosquitos durante la época de lluvias fueron Cosalapa, San Simón, La Victoria, Huachipilín, Aquiles Serdán y Barra Cahuacán. En este grupo, estuvieron presentes todos los tipos de cobertura de suelo, cuyas frecuencias fueron diferentes entre sí ($X^2 = 525.167$, $gl=60$, $p<0.00001$). La cobertura más frecuente fue la de cultivo permanente (268) y las menos frecuentes fueron transicional (4), urbana/otras (3), ribereña(9) y manglares(5). En este grupo de poblados, el mayor número de ganado vacuno se encontró en las coberturas de pastos cultivados (865), pastos mixtos (533), y cobertura urbanas/otras (210) ($X^2 = 23.159$, $gl = 10$, $p=0.0102$). El mayor número de caballos se encontró en la cobertura de campo abandonado (37), seguida de pastos cultivados (24) y pastos mixtos con igual número ($X^2 = 21.7887$, $gl=10$, $X^2 = p=0.0162$). El número de casas fue mayor en la cobertura de cultivos anuales (13) y en cultivos permanentes (27) sin embargo no se encontraron diferencias entre los diferentes tipos de cobertura ($X^2 = 16.033$, $gl=10$, $p=0.0987$). Los refugios naturales potenciales fueron diferentes entre los tipos de cobertura de suelo ($X^2 = 100.1832$, $gl=10$, $p<0.000001$), siendo más frecuentes en bosque secundario (40), seguida de la cobertura de cultivo permanente (27) y pasto mixto (23). La presencia de ríos también fue estadísticamente diferente en los tipos de cobertura de suelo ($X^2 = 28.75382$, $gl=10$, $p=0.00137$) siendo más frecuentes en la cobertura de pasto mixto (10) y en la cobertura de plátanos (9). Solamente un arroyo se detectó en este grupo de poblados, en la cobertura de bosque secundario. Los canales principales fueron más frecuentes en las coberturas de cultivos permanentes (15) y en la cobertura de pasto cultivado (12), sin embargo, no fueron estadísticamente diferentes en los tipos de cobertura ($X^2 = 7.28803$, $gl=10$, $p=0.69800$). De igual forma se observaron los canales secundarios donde tampoco se observaron diferencias significativas ($X^2 = 12.44189$, $gl=10$, $p=0.25657$). Se encontraron lagunas permanentes en 5 coberturas de suelo: pasto cultivado,

pasto natural, cultivo permanente, bosque secundario y plátanos, mientras que lagunas temporales sólo se encontraron en pastos cultivados, pastos mixtos y campo abandonado (Tabla 3).

Poblados con densidades medias de mosquitos. Los poblados que por su abundancia durante la época de lluvias se definieron como medios fueron Dorado Nuevo, Marte R. Gómez, Morelos, Miguel Alemán y Efraín A. Gutiérrez. Las frecuencias de cobertura de suelo fueron estadísticamente diferentes en este grupo de poblados ($X^2=644.842$, $gl=36$, $p<0.000001$), siendo más frecuentes cultivos permanentes (180) y cultivos anuales (159). El mayor número de vacas se registró en la cobertura de pastos cultivados (78) y en cultivo permanente, sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre los tipos de cobertura ($X^2=15.3847$, $gl=8$, $p=0.0521$). El mayor número de caballos se registró en la cobertura de cultivo permanente (14) seguido de pastos cultivados (10), encontrándose diferencias significativas entre los diferentes tipos de cobertura ($X^2=18.3764$, $gl=8$, $p=0.0186$). El mayor número de casas se registró en la cobertura cultivo permanente (22) y no se encontraron diferencias significativas en los tipos de cobertura ($X^2=8.9693$, $gl=8$, $p=.3449$). Los refugios naturales potenciales fueron más frecuentes en la cobertura de cultivos permanentes (22) ($X^2=40.64543$, $gl=8$, $p<0.000001$). Los ríos, los canales principales y los canales secundarios, fueron más frecuentes en la cobertura de plátanos (48, 4 y 32, respectivamente), siendo estadísticamente diferentes entre los tipos de cobertura ($X^2=30.96858$, $gl=8$, $p=0.00014$, $X^2=20.51759$, $gl=8$, $p=0.00855$, $X^2=73.94261$, $gl=8$, $p<0.000001$, respectivamente). Los arroyos se encontraron solamente en dos coberturas de suelo, en pasto mixto y en campo abandonado. Solamente se encontraron lagunas permanentes en dos coberturas, cultivo anual y urbanas/otras, mientras que lagunas temporales sólo se encontraron en pasto cultivado (Tabla 4).

Poblados con densidades bajas de mosquitos. Los poblados que por su abundancia durante la época de lluvias se definieron como bajos fueron Hidalgo, La Esperanza, Guadalupe Victoria y Unión Miramar. Las frecuencias de cobertura de suelo en este grupo de poblados fueron estadísticamente diferentes entre sí ($X^2=308.133$, $gl=27$, $p<0.000001$), siendo más frecuentes pasto cultivado (177) y campo abandonado (94). El mayor número de vacas y caballos se registraron en la cobertura de suelo urbanas/otras (730 y 28, respectivamente) y las diferencias

con el resto de las coberturas fueron estadísticamente significativas ($X^2=24.4184$, $gl=9$, $p=0.0037$, $X^2=23.307$, $gl=9$, $p=0.0055$). El mayor número de casas se registraron en las coberturas bosque secundario (9) y pasto natural (7), las diferencias entre los diferentes tipos de cobertura fueron estadísticamente significativos ($X^2=32.1103$, $gl=9$, $p=0.0002$). Los refugios naturales potenciales fueron más frecuentes en las coberturas pastos cultivados (8) y bosque secundario (7) y las diferencias entre los diferentes tipos de cobertura fueron significativas ($X^2=28.11367$, $gl=9$, $p=0.00091$). Los ríos fueron más frecuentes en las coberturas de campo abandonado (20), pasto cultivado (18) y pasto mixto (12), sin embargo las diferencias entre los tipos de coberturas no fueron estadísticamente significativas ($X^2=15.80862$, $gl=9$, $p=0.07099$). Los canales principales y los canales secundarios, fueron más frecuentes en la cobertura de pastos cultivados (13 y 42, respectivamente), siendo los segundos estadísticamente diferentes entre los tipos de cobertura ($X^2=49.49119$, $gl=9$, $p<0.000001$), mas no los primeros ($X^2=15.89123$, $gl=9$, $p=0.06919$). Los arroyos fueron más frecuentes en las coberturas de pasto cultivado (31) y pasto mixto (22), encontrándose diferencias significativas entre los tipos de coberturas ($X^2=26.43358$, $gl=9$, $p=0.00173$). Solamente se encontraron lagunas permanentes en tres coberturas, pasto cultivado, pasto mixto y campo abandonado. En este grupo de poblados no se encontraron lagunas temporales (Tabla 5).

Selección de factores del entorno ambiental

Los tipos de cobertura más frecuentemente asociados en los poblados con altas densidades de mosquitos fueron cultivo permanente (268), pasto cultivado (170), cultivo anual (135) y pasto mixto (125); en poblados con densidades medias fueron cultivo permanente (180), cultivo anual (159), campo abandonado (111) y plátanos (95); y en poblados con bajas densidades lo fueron pasto cultivado (177), campo abandonado (94), pasto mixto (78) y cultivo anual (72). (Figura 5). Sin embargo, en términos de proporción de área que cada cobertura presenta en los poblados que conforman cada categoría, se pudo observar que las más frecuentes no necesariamente ocuparon mayor extensión. En ese sentido, en los poblados del grupo de densidades altas, se encontró que los tres tipos de cobertura de pastos (cultivado, mixto y natural) siempre estuvieron presentes y ocupando entre los tres al menos un cuarta parte del área de cada poblado (Figura 6). En el grupo de densidades medias, no todos los poblados presentaron siempre los tres

tipos de coberturas de pastos y sólo en dos poblados cualquiera de estos tipos de coberturas pudieron alcanzar al menos una cuarta parte de área de cada poblado (Figura 7). Por último, en el grupo de poblados con densidades bajas, sólo en un poblado (Hidalgo) no estuvo presente el tipo de cobertura de pasto natural, y aún así, los tipos de cobertura de pastos ocuparon más de una cuarta parte del área en cada poblado (Figura 8). En el grupo de poblados con altas densidades de mosquitos, la cobertura de pasto cultivado representó en promedio la proporción de 0.13 del área total del grupo de poblados, la cobertura de pasto mixto un 0.12 y la cobertura de pasto natural un 0.05. En el grupo de poblados con densidades medias, la cobertura de pasto cultivado representó un 0.06, la cobertura de pasto mixto un 0.07 y la cobertura de pasto natural un 0.006 del área total. En el grupo de poblados con densidades bajas, la proporción de pastos cultivados fue en promedio 0.30, la cobertura de pasto mixto 0.16 y la cobertura de pasto natural 0.01.

Las características de cada una de las tres categorías, se establecieron mediante la comparación entre ellas, para cada una de las variables: ríos, arroyos, canales principales, canales secundarios, lagunas permanentes, lagunas temporales, refugios naturales, casas, vacas y caballos. Para todas las variables en los análisis, se utilizó su frecuencia observada, excepto para casas, vacas y caballos, donde se utilizaron los números totales observados. Debido a la importancia que representan los pastos en la alta producción de larvas de mosquitos así como por su relación con las densidades de adultos en poblados cercanos a los criaderos (Rodríguez *et al.* en prensa), la comparación de la presencia de las variables arriba mencionadas se realizaron con énfasis en las coberturas de pastos.

Ríos. Al comparar la frecuencia de ríos en los tres grupos de poblados, se encontró que difieren significativamente ($X^2 = 75.0059$, 2 gl, $p < 0.00001$) siendo más frecuentes en el grupo de poblados con densidades bajas (64), seguido por el grupo con densidades altas (41) y con menos frecuencia de ríos el grupo con densidades medias (15). Al observar la frecuencia de ésta variable solamente en las coberturas de pastos, se encontró que en el grupo de poblados con densidades bajas, los ríos fueron más frecuentes en pasto cultivado (18) ($X^2 = 18.45820$, gl=2, $p = 0.0001$) y mixto (12) ($X^2 = 8.05485$, gl=2, $p = 0.01782$) que en los otros dos grupos, pero en el grupo con densidades altas, fueron más frecuentes en pastos naturales

(6), aunque la diferencia no fue significativa ($X^2 = 0.29542$, $gl=2$, $p=0.86268$) (Figura 9).

Arroyos. En la comparación de las frecuencias de arroyos en los tres grupos de poblados se encontró que los tres grupos de poblados difieren significativamente entre sí ($X^2 = 280.0482$, $2 gl$, $p<0.00001$), dado que en el grupo con densidades altas sólo se encontró 1 arroyo, y en el grupo con densidades medias se encontraron 4, mientras que en el grupo con densidades bajas se encontraron 84. En el grupo con densidades bajas, los arroyos fueron más frecuentes en las coberturas de pasto cultivado y pasto mixto (Figura 10).

Canales principales. Al comparar las frecuencias de canales principales en los tres grupos de poblados se encontró que difieren significativamente ($X^2 = 37.8323$, $2 gl$, $p<0.00001$), siendo más frecuentes en el grupo con densidades altas (70), que en el grupo con densidades medias (7) y bajas (21). Al observar en las coberturas de pastos solamente, se observa que en el grupo de poblados con altas densidades, los canales permanentes fueron más frecuentes en pasto mixto (6) y pasto natural (5), que en los pastos de los otros dos grupos, mientras que en el grupo con bajas densidades fueron más frecuentes en pasto cultivado (13) (Figura 11), siendo los tres grupos significativamente diferentes en los canales principales dentro de la cobertura de pasto cultivado ($X^2 = 6.59137$, $gl=2$, $p=0.03704$), pasto mixto ($X^2 = 7.29218$, $gl=2$, $p=0.02609$), mas no en pasto natural ($X^2 = 0.92190$, $gl=2$, $p=0.63069$).

Canales secundarios. En canales secundarios, los tres grupos de poblados no fueron diferentes entre si ($X^2 = 0.5066$, $2 gl$, $p=0.7763$). Al comparar dentro de los tres tipos de pastos, fueron estadísticamente diferentes entre sí solo en pasto cultivado ($X^2 = 9.54764$, $gl=2$, $p=0.00845$) (Figura 12).

Lagunas permanentes. La distribución de las lagunas permanentes encontradas en las diferentes coberturas de suelo para las 3 categorías está dada en la figura 13. Sin embargo, en lo que se refiere a lagunas permanentes no se efectuaron pruebas estadísticas debido a la poca cantidad de datos obtenidos.

Lagunas temporales. Las lagunas temporales se encontraron únicamente en el grupo de poblados con altas densidades y en el grupo con densidades medias

(Figura 14). Al igual que para lagunas permanentes, no se efectuaron análisis estadísticos debido a los pocos datos y a que sólo en dos grupos se registró esta variable.

Refugios naturales. En la comparación de los tres grupos de poblados en relación a la presencia de vegetación que pudiera servir de refugios naturales, se encontró que fueron diferentes entre sí ($X^2 = 45.3686$, 2 gl, $p < 0.00001$). La mayor frecuencia se encontró en el grupo con altas densidades de mosquitos (131), seguida del grupo con densidades medias (48) y del grupo con densidades bajas (18). Al observar la presencia de los refugios naturales potenciales solamente en las coberturas de pastos, se encontró que únicamente en la cobertura de pasto mixto los tres grupos fueron diferentes entre sí ($X^2 = 15.45083$, gl=2, $p = 0.00044$), con una frecuencia de 23 para el grupo con densidades altas, 4 en el de medias y 2 en el de bajas (Figura 15).

Viviendas. Al comparar los tres grupos de poblados en relación al número de casas, se encontró que no difieren entre sí ($X^2 = 3.3801$, 2 gl, $p = 0.1845$). De igual forma ocurrió al comparar solamente en las coberturas de pasto cultivado ($X^2 = 3.6976$, gl=2, $p = 0.1574$), pasto mixto ($X^2 = 3.3247$, gl=2, $p = 0.1897$) y pasto natural ($X^2 = 5.1663$, gl=2, $p = 0.0755$) (Figura 16).

Ganado vacuno. En la comparación de los tres grupos de poblados en relación al número de ganado vacuno, se encontró que no difieren entre sí ($X^2 = 3.3938$, 2 gl, $p = 0.1832$). De igual forma ocurrió al comparar solamente en las coberturas de pasto cultivado ($X^2 = 5.0086$, gl=2, $p = 0.0817$), pasto mixto ($X^2 = 2.3813$, gl=2, $p = 0.304$) y pasto natural ($X^2 = 1.0895$, gl=2, $p = 0.58$) (Figura 17).

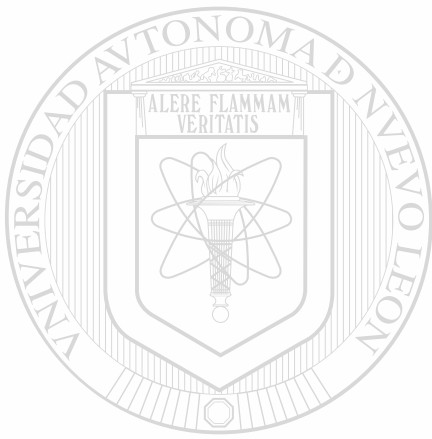
Ganado equino. Al comparar los tres grupos de poblados en relación al número de caballos, al igual que con el número de vacas, los grupos de poblados no difieren entre sí ($X^2 = 0.6237$, 2 gl, $p = 0.7321$). Así mismo ocurrió al comparar solamente en las coberturas de pasto cultivado ($X^2 = 4.0279$, gl=2, $p = 0.1335$), pasto mixto ($X^2 = 1.5953$, gl=2, $p = 0.4504$) y pasto natural ($X^2 = 3.3943$, gl=2, $p = 0.1832$) (Figura 18).

Criaderos potenciales. Se visitaron todos los polígonos en cuyos registros se encontraron características hidrológicas (ríos, arroyos, canales principales,

canales secundarios, lagunas permanentes y lagunas temporales) que representaran criaderos potenciales de larvas de *An. albimanus*. El período en que se completaron las visitas fue del 11 de mayo al 15 de julio de 1992, recién iniciada la época de lluvias. Al comparar los tres grupos de poblados, se encontraron diferencias significativas en la frecuencia de criaderos positivos ($X^2=77.43951$, $gl=4$, $p<0.000001$). La frecuencia encontrada en el grupo con densidades altas fue de 66, en el grupo con densidades medias de 21 y en el grupo con densidades bajas de 11. En el grupo de poblados con altas densidades de mosquitos, se encontró que de los criaderos potenciales previamente detectados en la descripción de los polígonos, los de la cobertura de suelo pasto natural presentaron el mayor porcentaje de positivos para larvas de *An. albimanus*, le siguieron en importancia los de cultivo permanente, pasto mixto y pasto cultivado ($X^2=63.06321$, $gl=30$, $p=0.00039$). En el grupo de poblados con densidades medias, el mayor porcentaje de criaderos positivos se encontró en la cobertura de suelo pasto cultivado, seguida de las coberturas cultivo anual y campo abandonado, un buen porcentaje de positivos también se encontró en la cobertura plátanos ($X^2=152.23266$, $gl=24$, $p<0.000001$). En el grupo de poblados con bajas densidades, sólo se encontraron criaderos positivos en las coberturas pasto cultivado y pasto mixto ($X^2=95.20937$, $gl=27$, $p<0.000001$). En el grupo de poblados con altas densidades se encontró un mayor porcentaje de criaderos positivos en la cobertura pasto natural seguida de la cobertura pasto mixto. Para los otros dos grupos de poblados, los mayores porcentajes de criaderos positivos fueron en pasto cultivado y pasto mixto, respectivamente, tanto en el grupo con densidades medias como en el grupo con bajas densidades (Figura 19).

Elevación. El plano compuesto con las imágenes de los 15 poblados se proyectó junto con el plano de elevación. Se encontró que 5 de los poblados del grupo con densidades altas (Cosalapa, Barra Cahuacán, La Victoria, San Simón y Aquiles Serdán) se localizan en elevaciones de 0 a 10 m snm, excepto Huachipilín que se localiza en el rango de elevación de 10 a 20 m snm. De los poblados del grupo con densidades medias, 3 de los 5 (Dorado Nuevo, Morelos y Marte R. Gómez) se localizan en el rango de elevación de 10 a 20 m snm, mientras que los otros 2 poblados (Miguel Alemán y Efraín A. Gutiérrez) se localizan en el rango de 0 a 10 m snm. Del grupo de poblados con bajas densidades, 3 de los 4 (Guadalupe Victoria, Hidalgo y Unión Miramar) se localizan en elevaciones por

arriba de los 40 m snm, excepto La Esperanza que se localiza en el rango de 20 a 40 m snm (Figura 20 y Tabla 6).



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DISCUSION

Se sabe que las condiciones ambientales necesarias para la proliferación de *An. albimanus* son principalmente suficiente lluvia para generar gran cantidad de criaderos, mismos que están determinados por otros parámetros ambientales, como son vegetación, topografía, tipo de suelo, temperatura, etc. Además de lo anterior se requiere de fuentes de alimento para el adulto, las cuales de ser ganado por ejemplo, pueden ser un factor importante no tan solo para que las poblaciones de mosquitos se mantengan, sino para que ocurran los movimientos entre criaderos, sitios de reposo y poblaciones humanas. En ese sentido, la presencia de refugios naturales es de suma importancia para que ocurran los movimientos entre criaderos, sitios de reposo y poblaciones humanas (D. N. Bown, com. pers.).

En el presente estudio se observó que las poblaciones de *An. albimanus* adultos, varían de un poblado a otro y se encontró que estos poblados pueden agruparse de acuerdo a sus densidades de mosquitos capturados por trampas de luz. De tal forma que estos poblados se agruparon en tres categorías: altos, medios y bajos.

El ganado vacuno y equino representan fuentes alternas de hospederos para mosquitos adultos, sobre todo para *An. albimanus*, que es más zoonótico que antropofílico (Breeland 1972, Loyola *et al.* 1990). Sin embargo, la presencia de ganado se ha asociado con altas capturas de mosquitos (Bown com. pers.). En el presente estudio, aunque los grupos de poblados no fueron diferentes en la cantidad de ganado, se pudo observar que en el grupo de poblados con densidades altas, la mayor proporción de ganado se encontró en los tipos de cobertura de pastos, mientras que en el grupo de poblados con bajas capturas se encontró en la cobertura urbano/otras, lo que significa que el ganado se encontraba en granjas de engorda donde el manejo del mismo requiere de baños con insecticidas para combatir ectoparásitos, lo que podría ocasionar mortalidad en las poblaciones de mosquitos (D. R. Roberts, com. pers.). Por otro lado, la presencia de ganado puede jugar un doble papel en la distribución y abundancia de mosquitos. Por un lado el ganado favorece los incrementos en las poblaciones de mosquitos al ser una fuente suficiente y segura de alimento para las poblaciones adultas, lo que tendría como consecuencia que gran parte de estas poblaciones de mosquitos se desplazaran hacia los asentamientos humanos.

Por otro lado, la presencia de ganado podría ser un factor de competencia de hospedero con los asentamientos humanos lo cual significaría que en asentamientos humanos con grandes cantidades de ganado en sus inmediaciones, las capturas de mosquitos fueran bajas. Dos parámetros podrían hacer la diferencia entre una posibilidad u otra: la distancia entre los asentamientos humanos o la cantidad de ganado (la existencia de un umbral). En este estudio, lo que podría ser la diferencia es la distancia, ya que no se encontraron diferencias significativas en el número de ganado de un grupo de poblados a otro, mientras que dentro de cada grupo de poblado, sí se encontraron diferencias en el número de ganado presente en los diferentes tipos de cobertura de suelo. Desafortunadamente la distancia de las coberturas asociadas con ganado no se midieron.

Por otro lado, la presencia de refugios naturales, cuya importancia ya ha sido mencionada, fue significativamente mayor en el grupo de poblados con altas densidades de mosquitos. Aunque al comparar solamente las coberturas de pastos, únicamente en pasto mixto los grupos de poblados fueron significativamente diferentes, la presencia de refugios naturales en otros tipos de cobertura en el grupo de poblados con altas densidades de mosquitos parece favorecer los desplazamientos entre los asentamientos humanos, el ganado y los criaderos.

En lo que se refiere a los criaderos de *An. albimanus*, diversos autores han mencionado que estos ocurren en cuerpos de agua clara, soleados con poco movimiento en una variedad de ambientes ecológicos.

En el presente estudio, el grupo de poblados con altas densidades de mosquitos no presentó mayor frecuencia de ríos en comparación con el grupo de poblados con densidades bajas, aunque sí con el grupo de densidades medias de mosquitos. Aunque se ha mencionado, que los ríos favorecen la formación de criaderos solamente en la época de secas, y estos criaderos se localizan preferentemente en márgenes estables, con poco movimiento, además asociados a plantas flotantes (Breeland 1972, Savage *et al.* 1990), al parecer estos no son los criaderos larvarios más productivos. De igual forma ocurre con los arroyos, ya que fueron significativamente más frecuentes en el grupo de poblados con bajas densidades de mosquitos. Por el contrario, los canales principales fueron

significativamente más frecuentes en el grupo de poblados con altas densidades de mosquitos, más aún fueron significativamente más frecuentes en el tipo de cobertura de pasto mixto que en los otros dos grupos de poblados. Por otro lado en los canales secundarios los tres grupos de poblados no fueron diferentes entre sí.

Las lagunas permanentes se encontraron en muy baja frecuencia en los tres grupos de poblados. Sin embargo, las lagunas temporales fueron más frecuentes en el grupo de poblados con altas densidades de mosquitos que en el grupo con densidades medias, mientras que en el grupo con densidades bajas de mosquitos no se encontró ninguna laguna temporal. Las lagunas temporales representan criaderos potenciales de la época de lluvias, que es cuando las poblaciones de mosquitos aumentan considerablemente.

Con el muestreo de los criaderos potenciales registrados en las inmediaciones de los poblados, se pudo constatar la importancia que representan las coberturas de suelo de los tipos de pasto, principalmente el pasto natural, ya que en esta cobertura fue donde se presentó el mayor porcentaje de criaderos positivos para larvas de *An. albimanus* en el grupo de poblados con densidades altas, el cual además, fue el que presentó mayor porcentaje de criaderos positivos que los otros dos grupos de poblados.

La asociación de la mayoría de las características hidrológicas con los diferentes tipos de pastos en el grupo de poblados con altas densidades de mosquitos parece ser el común denominador de este grupo de poblados. Rodríguez *et al.* (en prensa), mencionan que los pastos seguidos de las áreas de transición entre estos y los manglares, fueron los que mayores densidades de larvas produjeron, además encontraron una correlación significativa entre las densidades de poblaciones larvarias de pastos, con las capturas de mosquitos en cebo humano en los poblados cercanos a sus localidades de muestreo. Por otro lado, Green *et al.* (1991), mencionan que los pastos en el área costera del sur de Chiapas, se encuentran en suelos que se drenarían relativamente más rápido que la tasa de precipitación, donde por más intensas que fueran las lluvias el agua no duraría más de un día, sin embargo mencionan que algunas áreas con inundaciones estacionales, están localizadas donde el agua del subsuelo se descarga en la superficie. Por lo general los pastos cultivados se encuentran en

áreas menos propensas a largos períodos de inundación, sin embargo los pastos mixtos y los pastos naturales se encuentran en áreas donde las inundaciones son más prolongadas, con períodos lo suficientemente largos para producir al menos una generación de mosquitos adultos (obs. pers.).

El último factor determinante parece ser la elevación, ya que la mayoría de los poblados con altas densidades de mosquitos se localizaron en elevaciones de 0 a 10 m snm, excepto uno de ellos, mientras que del grupo de poblados con densidades medias, dos de ellos se presentaron en elevaciones de 0 a 10 m snm, lo cual lo hace potencialmente altos; si en algún momento la cobertura de suelo llega a cambiar y se presenta en la combinación que caracteriza a los poblados del grupo con altas densidades. Por último, los poblados con bajas densidades, el encontrarse a elevaciones sobre los 40 m snm y el no presentar suficientes refugios naturales potenciales, parece ser lo que determina sus bajas densidades de *An. albimanus*.

Por otro lado, el estudio de Wood *et al.* (1991b) demostró la importancia que un sistema de información geográfica significa como herramienta para describir las relaciones entre productividad larvaria en hábitats y las fuentes de alimento de sangre. De tal forma los resultados del presente estudio podrían utilizarse para detectar sitios con las características encontradas alrededor de los poblados con altas densidades de mosquitos, sin embargo será necesario contar con información de sensores remotos para establecer las coberturas de suelo en toda la región y detectar aquellas coberturas con las características adecuadas asociadas a ellas.

CONCLUSIONES

Mediante los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir que la composición y estructura del entorno ambiental, determinan la distribución y abundancia de *An. albimanus* en diferentes asentamientos humanos.

Las poblaciones de *An. albimanus* varían espacial y temporalmente en relación a los 15 poblados estudiados. Sin embargo, dado que el pico de transmisión de paludismo en el área costera del sur de Chiapas ocurre durante la época de lluvias, la densidad relativa de mosquitos por trampa registrada durante esta época, puede ser usada para establecer poblados con mayor riesgo potencial de transmisión de paludismo. En ese sentido, se pudieron establecer tres grupos de poblados de acuerdo a sus densidades de mosquitos: altos, medios y bajos.

Las coberturas de suelo que mayor proporción ocuparon en los tres tipos de poblados fueron los diferentes tipos de pastos: pasto cultivado, pasto mixto y pasto natural.

El ganado vacuno y equino, se encontró principalmente asociado a los tipos de cobertura de pastos, en el grupo de poblados con altas densidades de mosquitos.

La presencia de vegetación que pudiera servir de refugios naturales, fue más frecuente en el grupo de poblados con altas densidades de mosquitos.

De las características hidrológicas asociadas a los diferentes tipos de cobertura de suelo, principalmente a los pastos, las que parecen ser más importantes son las lagunas temporales y los canales principales, ya que fueron los más frecuentes en el grupo de poblados con altas densidades de mosquitos. En ese sentido, el mayor porcentaje de criaderos positivos se encontró en el grupo de poblados con altas densidades de mosquitos, y principalmente en los tipos de cobertura de pastos.

La elevación en que se localizaron la mayoría de los poblados del grupo con altas densidades de mosquitos fue en el rango de 0 a 10 m snm.

Finalmente se concluye que un sistema de información geográfica puede ser usado para identificar las características del entorno ambiental asociadas a las inmediaciones de asentamientos humanos y por lo tanto identificar poblados con altas densidades de mosquitos.

LITERATURA CITADA

- Arp, G.K. 1975. The rationale for attempting to define salt marsh mosquito-breeding areas in Galveston Country by remote sensing the associated vegetation. In: Proceedings of the NASA-Earth Resources Symposium, Houston, Texas. June.
- Avery, T.E. and G.L. Berlin. 1985. Interpretation of Aerial Photographs. Fourth edition. Macmillan Publishing Company, New York. 554 pp.
- Barnes, C.M. and W.G. Cibula. 1979. Some implications of remote sensing technology in insect control programs including mosquitoes. *Mosq. News* 39(2): 271-282.
- Barnes, C.M. and R. Higuera. 1975. Application of remote sensing to the eradication of the screwworm. Preliminary report, NASA contract NAS 9-12200. Johnson Space Center, Houston, Texas.
- Berry, J.K. and J.K. Sailor. 1987. Use of a geographic information system for storm runoff prediction from small urban watersheds. *Environmental Management*, Vol. 11 No. 1 pp 21-27.
- Bown, D.N., M.H. Rodríguez, J.I. Arredondo-Jimenez and E.G. Loyola. 1991. Age structure and abundance levels in the entomological evaluation of an insecticide used in the control of *Anopheles albimanus* Wiedemann in southern Mexico. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 7:180-187.
- Breedlove, D.E. 1981. Flora de Chiapas. Part I. California Academy of Sciences, San Francisco California.
- Breeland, S.G. 1972. Studies on the ecology of *Anopheles albimanus*. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 21:271:274.
- Chou, Yue-Hong, R.A. Minnich, L.A. Salazar, J.D. Power, and R.J. Dezzani. 1990. Spatial autocorrelation of wildfire distribution in the idyllwild quadrangle, San Jacinto Mountain, California. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 56 No. 11 pp 1507-1513.
- Cline, B.L. 1970. New eyes for epidemiologist: aerial photography and other remote sensing techniques. *Am. J. Epidemiology.* 92(2):85-89.
- Clarke, K.C., J.P. Osleeb, J.M. Sherry, J.P. Meert and R.W. Larsson. 1991. The use of remote sensing and geographic information systems in UNICEF's dracunculiasis (Guinea worm) eradication effort. *Prev. Vet. Med.*, 11:229-235.

- Cress, J.J. and R.R.P. Deister. 1990. Development and implementation of a knowledge-based GIS geological engineering map production system. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 56 No. 11 pp 1529-1535.
- Cross, E.R., C. Scheffield, R. Perrine, and G. Passaglia. 1984. Predicting areas endemic for schistosomiasis using weather variables and landsat data base. *Military Medicine* 149: 542-544.
- Dirección General de Epidemiología, 1991. Boletín Mensual Paludismo y Otras Enfermedades Transmitidas por Vector. México D.F. 3 (1): 20 pp.
- Dirección General de Epidemiología, 1992. Boletín Mensual Paludismo y Otras Enfermedades Transmitidas por Vector. México D.F. 4 (1): 16 pp.
- Dutta, H. and A.K. Dutt. 1978. Malaria Ecology: a global perspective. *Royal Science and Medicine*. 12:69-84.
- Eckhardt, D.W., J.P. Verdin, and G.R. Lyford. 1990. Automated update of an irrigated land GIS using satellite imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 56 No. 11 pp 1515-1522.
- Faran, M.E. 1980. Mosquito studies (Diptera:Culicidae) XXXIV. A revision of the *Albimanus* section of the subgenus *Nissorhynchus* of *Anopheles*. *Contrib. Am. Entomol. Inst.* 15: 1-215.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. México. UNAM.
- Garret-Jones, C., P. Boreham and C. Pant. 1980. Feeding habits of anophelines (Diptera:Culicidae) in 1971-1978, with reference to the human blood index: a review. *Bull. Entomol. Res.* 70: 165-185.
- Green, T.R., Remson I., Salute J., Sebesta, P., Wood, B., Pope, K., Gorelick, S. and M. Rodriguez. 1991. Hydrologic modeling of tropical wetland dynamics. Final report. Nasa-Ames/Stanford University.
- Hayes, R.O., E.L. Maxwell, C.J. Mitchell, and T.L. Woodzick. 1985. Detection, identification, and classification of mosquito larval habitats using remote sensing scanners in earth-orbiting satellites. *Bull. World Health Organization* 63(2): 361-374.
- Hechtt, L.W. 1945. The malaria of the andean region of South America. *Rev. Inst. Sal. Enfer. Trop.* 6:239-252.
- Hobbs, J.H., R.E. Lowe and C.E. Schreck. 1974. Studies of flight range and survival of *Anopheles albimanus* Wiedemann in El Salvador. I. Dispersal and survival during the dry season. *Mosq. News* 34:389-393.

- Hugh-Jones, M. 1989. Applications of remote sensing to the identification of the habitats of parasites and disease vectors. *Parasit. Today* 5(8):244-251.
- Hugh-Jones, M., N. Barre, G. Nelson, C. Wehnes, J. Warner, J. Garvin and G. Garris. 1992. Landsat-TM identification of *Amblyomma variegatum* (Acari: Ixodidae) habitats in Guadeloupe. *Remote Sensing of Environment*. 40:43-55.
- Janssen, L.L.F., M.N. Jaarsma, and E.T.M. van der Linden. 1990. Integrating topographic data with remote sensing for land-cover classification. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 56 No. 11 pp 1503-1506.
- Jovanovic, P. 1987. Satellite remote sensing imagery in public health. *Acta Astronautica* 15(11): 951-953.
- Linthicum, K.J., C.L. Bailey, C.J. Tucker, D.R. Angleberger, T. Cannon, T.M. Logan, P.H. Gibbs and J. Nickerson. 1991. Towards real-time prediction of rift valley fever epidemics in Africa. *Prev. Vet. Med.*, 11:325-334.
- Loyola, E.G., J.I. Arredondo, M.H. Rodríguez, D.N. Bown and M.A. Vaca-Marin. 1991. *Anopheles vestitipennis*, the probable vector of *Plasmodium vivax* in the Lacandon forest of Chiapas, México. *Trans. of the Royal Soc. of Trop. Med. and Hyg.* 85:171-174.
- Loyola, E.G. y M.H. Rodríguez. 1992. Chloroquin-resistant *Plasmodium vivax* in Brazil?. *Trans. of the Royal Soc. of Trop. Med. and Hygiene*. 86, correspondence.
- Loyola, E.G, M.H. Rodríguez, L. Gonzalez, J.I. Arredondo, D.N. Bown and M.A. Vaca. 1990. Effect indoor residual spraying of DDT and Bendiocarb on the feeding patterns of *Anopheles pseudopunctipennis* in Mexico. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 6:300-305.
- McGregor, G. 1976. Epidemiology and control of malaria. In: *Epid. and Community Health in Warm Climate Countries*. Edited by R. Cruickshank, K.L. Standas and H.B.L. Rusell. London, Churchill Livingstone. pp. 208-209.
- Miranda, F. 1952. La vegetación de Chiapas. Ediciones del Gobierno del Estado. Tuxtla Gutiérrez, Chis. Mexico. Vol. 1.
- Najera, J.A. 1989. Malaria and the work of WHO. *Bull. of the World Health Org.* 67:229-243.

- Oaks, S.C., V.S. Mitchell, G.W. Pearson, and C.J. Carpenter (Eds.). 1991. *Malaria: Obstacles and Opportunities*. Institute of Medicine. National Academy Press. Washington, D.C.
- Pavlosky, E.N. 1960. *Natural nidity of transmissible diseases with special reference to the landscape epidemiology of zoonthroponoses*. Translated by Frederick K. Plous, Jr., and edited by Norman D. Levine. University of Illinois Press, Urbana and London (1966). 261 pages.
- Rachou, R., L. Schinazi and M. Moura Lima. 1973. An intensive epidemiological study of the causes for the failure of residual DDT spraying to interrupt the transmission of malaria in Atalaya and Falla, two villages of the coastal plain of El Salvador. *Rev. Brasil. Malariol. Doencas Trop.* 25:1-293.
- Ramsey, J., D. Bown, J. Aron and J. Mendez. 1986. Field tests in Chiapas, Mexico, of a rapid detection method for malaria in anopheline vectors with low infection rates. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 35:234-238.
- Rejmankova, E., H.M. Savage, M. Rejmanek, J.I. Arredondo-Jimenez and D.R. Roberts. 1991. Multivariate analysis of relationships between habitats, environmental factors and occurrence of anopheline mosquito larvae *Anopheles albimanus* and *Anopheles pseudopunctipennis*, in southern Chiapas, Mexico. *J. Appl. Ecol.* 28:827-841.
- Rejmankova, E., H.M. Savage, M.H. Rodríguez, D.R. Roberts and M. Rejmanek. 1992. Aquatic vegetation as a basis for classification of *Anopheles albimanus* Weidemann (Diptera:Culicidae) larval habitats. *Environ. Entomol.* In press.
- Roberts D., M. Rodriguez, E. Rejmankova, K. Pope, H. Savage, A. Rodriguez-Ramirez, B. Wood, J. Salute and L. Legters. 1991. Overview of field studies for the application of remote sensing to the study of malaria transmission in Tapachula, Mexico. *Prev. Vet. Med.*, 11:269-275.
- Rodriguez, A.D., M.H. Rodriguez, R.A. Meza, J.E. Hernandez, E. Rejmankova, H.M. Savage, K.O. Pope, D.R. Roberts and L. Legters. Dynamics of population densities and vegetation associations of *Anopheles albimanus* larvae in a coastal area of southern Chiapas, Mexico. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 9: in press.
- Rodríguez, M.H. y E.G. Loyola. 1989. Situación epidemiológica actual y perspectivas de la investigación entomológica del paludismo en México. En: *Memorias del IV Simposio Nacional de Entomología Médica y*

- Veterinaria, 21 de Mayo de 1989, Oaxtepec, Morelos. Sociedad Mexicana de Entomología, pp. 15-40.
- Rogers, D.J. and S.E. Randolph. 1991. Mortality rates and population density of tsetse flies correlated with satellite imagery. *Nature*. 351:739.
- Ross, R. 1911. *The prevention of Malaria*. E.P. Dutton & Co. New York, NY. 2nd.Ed.
- Rozeboom, L. 1938. The role of some common anopheline mosquitoes of Panama in the transmission of malaria. *Am J. Trop. Med.* 18:289-302.
- Savage, H.M., E. Rejmankova, J.I. Arredondo-Jimenez, D.R. Roberts and M.H. Rodriguez. 1990. Limnological and botanical characterization of larval habitats of two primary malaria vectors, *Anopheles albimanus* and *Anopheles pseudopunctipennis*, in coastal areas of Chiapas state, Mexico. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 6:612-620.
- Star, J. and J. Estes. 1990. *Geographic Information Systems: an introduction*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. 303 pp.
- Thalman, I. 1984. Aspectos demográficos, económicos y sociales en el área endémica de paludismo del Soconusco, Chiapas. Doc. Mimeografiado. Centro de Investigación de Paludismo. Tapachula, Chiapas.
- Verhoef, J.C.M. 1986. Ecology of mosquito breeding during the transition from dry to wet season in a rural coastal area of Chiapas, Mexico, with special reference to *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae). Mimeo. Doc. Centro de Investigación de Paludismo. Tapachula, Chiapas.
- Wernsdorfer, W.H. 1980. Importance of malaria in the world. In: Kreier, J.P. (ed) *Malaria*, Vol. 1 1-39 p. Academic Press, New York.
- Wood, B., L. Beck, R. Washino, S. Palchick and P. Sebesta. 1991a. Spectral and spatial characterization of rice field mosquito habitat. *International J. Remote Sensing* 12(3): 621-626.
- Wood, B., R. Washino, L. Beck, K. Hibbard, M. Pitcarin, D. Roberts, E. Rejmankova, J. Paris, C. Hacker, J. Salute, P. Sebesta and L. Legters. 1991b. Distinguishing high and low anopheline-producing rice fields using remote sensing and GIS technologies. *Prev. Vet. Med.*, 11: 227-188.
- Zar, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Second edition. Prince-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. 718 pp.

Tabla 1. Localidades de estudio por municipio y sus índices parasitarios anuales por 1000 habitantes.

Poblado	Municipio	Habitantes	IPA¹
Morelos	Tapachula	1820	1.09
La Esperanza	"	556	1.79
Union Miramar	"	578	
Hidalgo	"	557	1.79
San Simón	Mazatán	207	
La Victoria	"	606	3.3
Efraín A. Gutiérrez	"	619	
Aquiles Serdán	"	1244	0.80
Marte R. Gómez	"	820	
Cosalapa	Suchiate	506	
Barra Cahuacán	"	301	3.32
Dorado Nuevo	"	902	8.86
Miguel Alemán	"	751	14.64
Guadalupe Victoria	Tuxtla Chico	1186	2.53
Huachipilín	Huehuetán	866	1.15

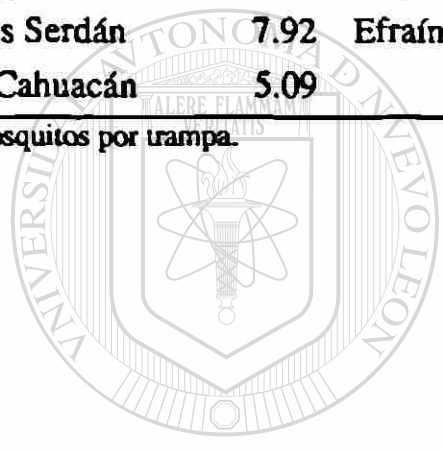
¹índice parasitario anual para 1991

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 2. Categorías de poblados en base a la densidad relativa promedio registrada en la época de lluvias.

Categorías de poblados					
Densidades altas	m/t	Densidades medias	m/t	Densidades bajas	m/t
Cosalapa	17.16	Dorado Nuevo	4.11	Hidalgo	1.05
San Simón	14.47	Marte R. Gómez	2.74	La Esperanza	0.69
La Victoria	9.18	Morelos	2.31	Guadalupe Victoria	0.15
Huachipilín	8.26	Miguel Alemán	2.24	Unión Miramar	0.06
Aquiles Serdán	7.92	Efraín A. Gutiérrez	2.04		
Barra Cahuacán	5.09				

m/t = mosquitos por trampa.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 3. Frecuencia de cobertura, y variables registradas por tipo de cobertura de suelo en el grupo de poblados con altas densidades de mosquitos.

Cobertura	Frec. de cobertura	Variables registradas en cada cobertura de suelo									
		Casas ¹	Vacas ¹	Caballos ¹	Refugios ² Naturales	Rfos ² Arroyos ²	Can. ² Princ.	Can. ² Sec.	Lag. ² perm.	Lag. ² temp.	
1	170	10	865	24	7	2	0	12	22	2	3
2	125	9	533	24	23	10	0	6	9	0	6
3	64	5	28	2	11	6	0	5	2	1	0
4	78	1	22	37	8	3	0	7	6	0	1
5	135	27	15	4	12	2	0	7	15	0	0
6	268	13	18	11	27	4	0	15	30	1	0
7	101	6	1	0	40	5	1	9	7	1	0
8	99	1	27	3	3	9	0	8	15	1	0
9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	3	2	210	3	0	0	0	1	0	0	0
11	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

¹ Números totales

² Frecuencias observadas

Tabla 4. Frecuencia de cobertura, y variables registradas por tipo de cobertura de suelo en el grupo de poblados con densidades medias de mosquitos.

Variables registradas en cada cobertura de suelo										
Cobertura	Frec. de cobertura	Casas ¹	Vacas ¹	Caballos ¹	Refugios ² Naturales	Ríos ² Arroyos ²	Can.2 Princ.	Can.2 Sec.	Lag.2 perm.	Lag.2 temp.
1	82	6	78	10	1	1	0	10	0	4
2	59	1	0	0	4	1	3	8	0	0
3	18	0	4	0	1	1	0	1	0	0
4	111	3	0	0	3	0	1	5	0	0
5	159	8	2	2	4	1	0	23	1	0
6	180	22	26	14	22	1	0	5	0	0
7	41	3	2	3	9	2	0	1	0	0
8	95	3	0	0	4	8	0	32	0	0
9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	19	0	0	0	0	0	0	2	1	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

¹ Números totales

² Frecuencias observadas

Tabla 5. Frecuencia de cobertura, y variables registradas por tipo de cobertura de suelo en el grupo de poblados con densidades bajas de mosquitos.

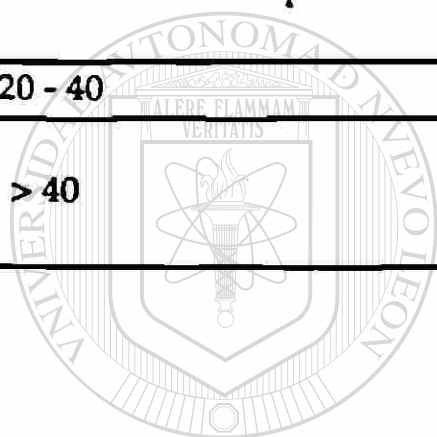
Variables registradas en cada cobertura de suelo											
Cobertura	Frec. de cobertura	Casas ¹	Vacas ¹	Caballos ¹	Refugios ² Naturales	Ríos ²	Arroyos ²	Can. ² Princ.	Can. ² Sec.	Lag. ² perm.	Lag. ² temp.
1	177	2	37	3	8	18	31	13	42	2	0
2	78	5	0	2	2	12	22	0	3	1	0
3	10	7	500	15	0	1	4	0	1	0	0
4	94	1	10	0	1	20	11	0	1	1	0
5	72	0	0	0	0	2	5	4	5	0	0
6	44	0	0	0	1	3	1	3	3	0	0
7	32	9	4	4	6	5	8	1	1	0	0
8	10	1	10	1	0	2	1	0	1	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	6	1	730	28	0	0	1	0	0	0	0
11	17	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

¹ Números totales

² Frecuencias observadas

Tabla 6. Rango de elevaciones donde se localizan los 15 poblados agrupados de acuerdo a la densidad relativa de mosquitos registrada durante la época de lluvias.

Grupos de poblados			
Elevación	Densidades altas	Densidades medias	Densidad de bajas
0 - 10	Cosalapa		
	Barra Cahuacán		
	La Victoria	Miguel Alemán	
	San Simón	Efraín A. Gtz.	
	Aquiles Serdán		
10 - 20		Dorado Nuevo	
	Huachipilín	Morelos	
		Marte R. Gómez	
20 - 40			La Esperanza
> 40			Guadalupe Victoria
			Hidalgo
			Unión Miramar



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



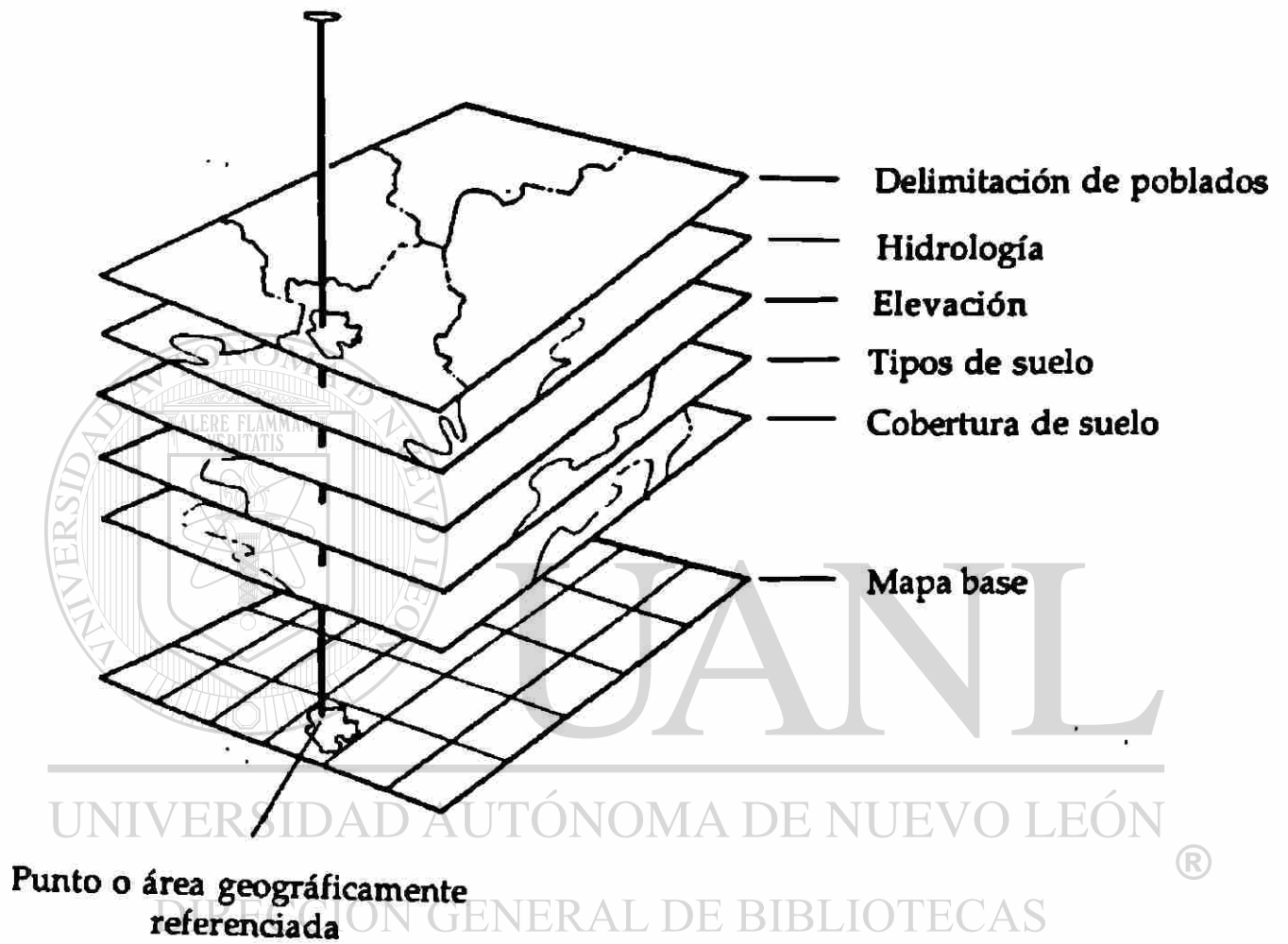


Figura 2. Representación esquemática de un sistema de información geográfica.

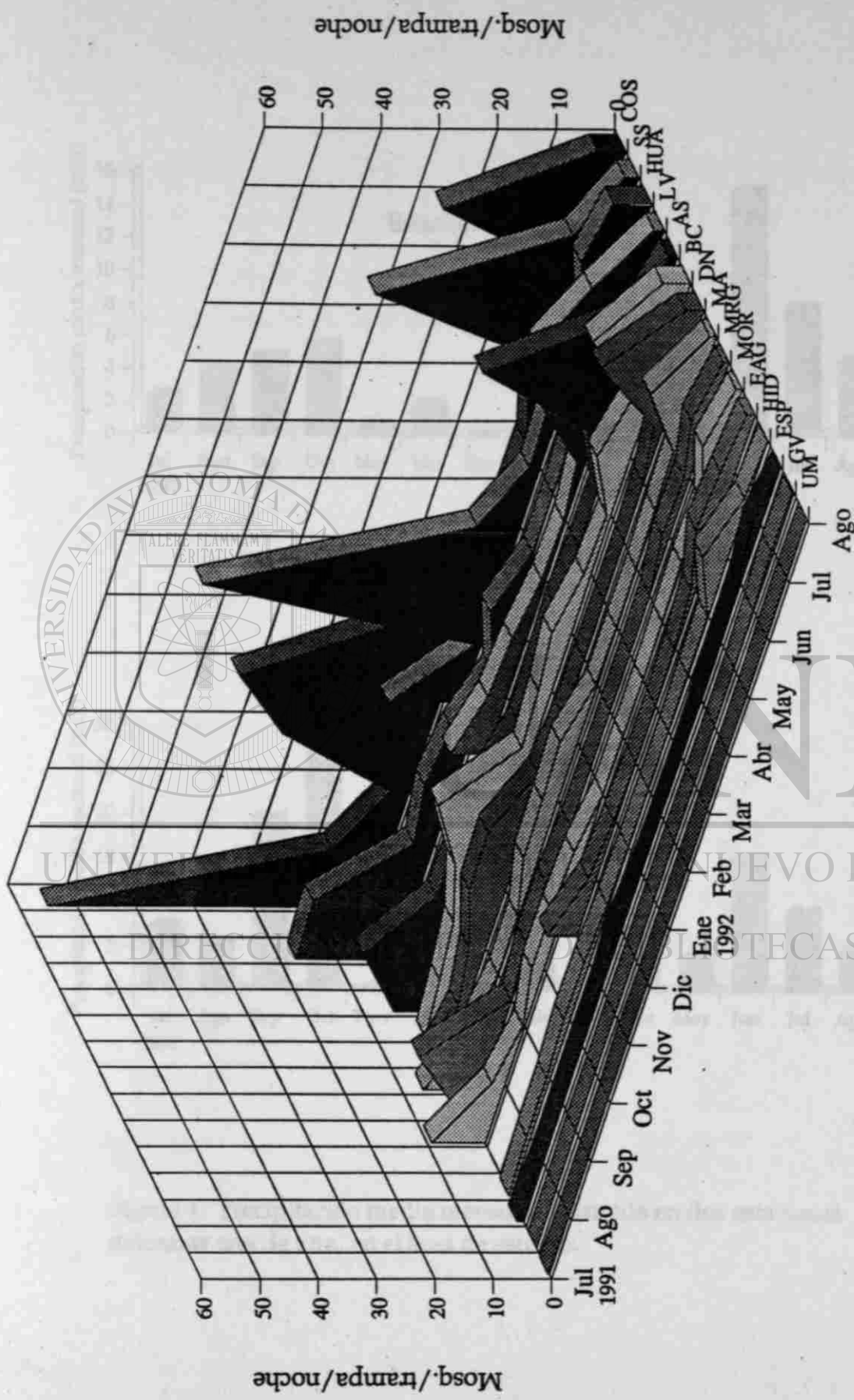


Figura 3. Fluctuación poblacional de *Anopheles albimanus* expresada en promedio de mosquitos por trampa por noche por mes, en 15 poblados del área costera del sur de Chiapas.

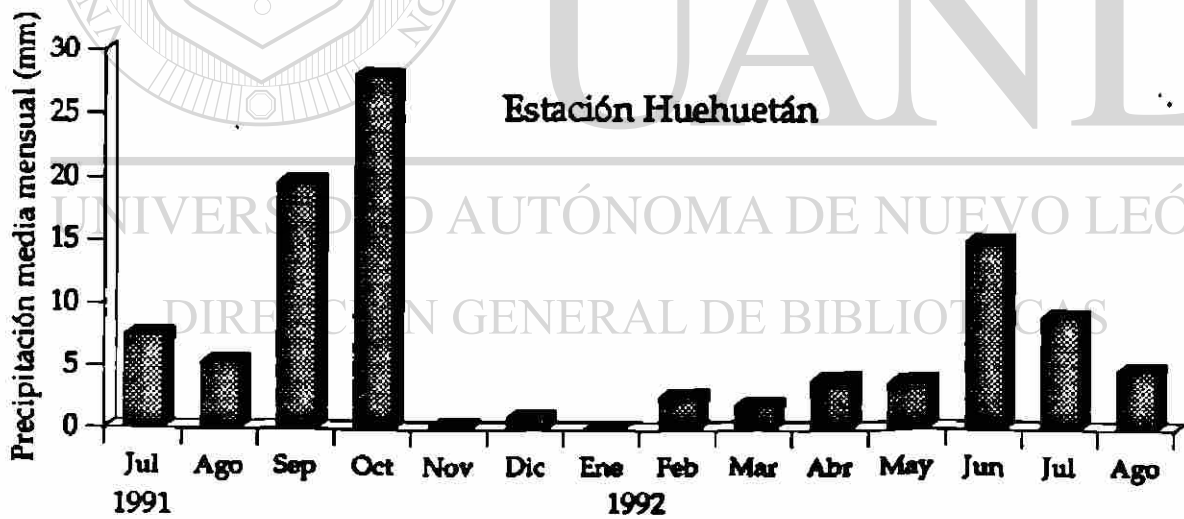
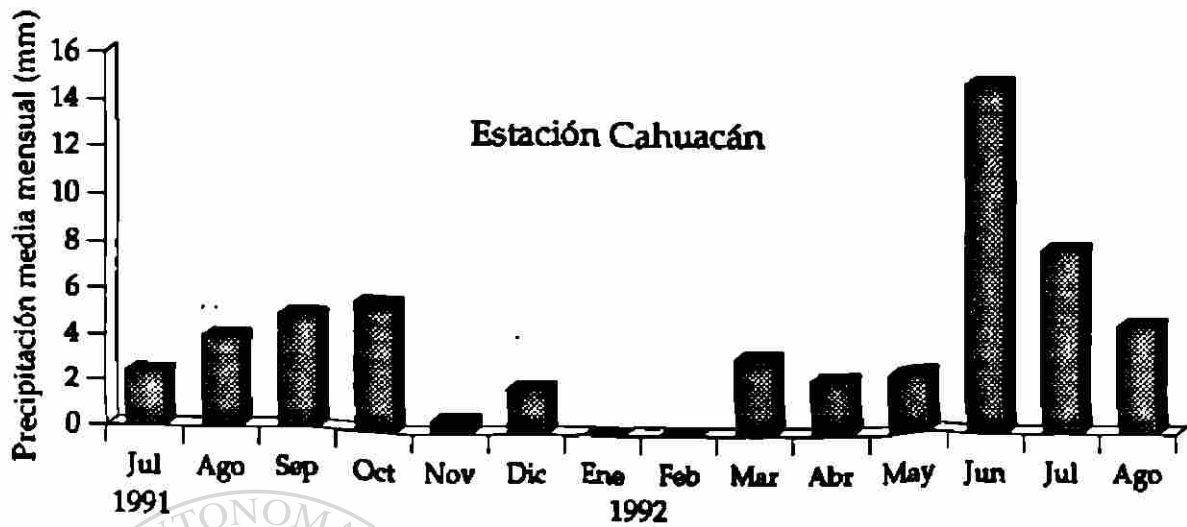


Figura 4. Precipitación media mensual registrada en dos estaciones extremas una de otra, en el área de estudio.

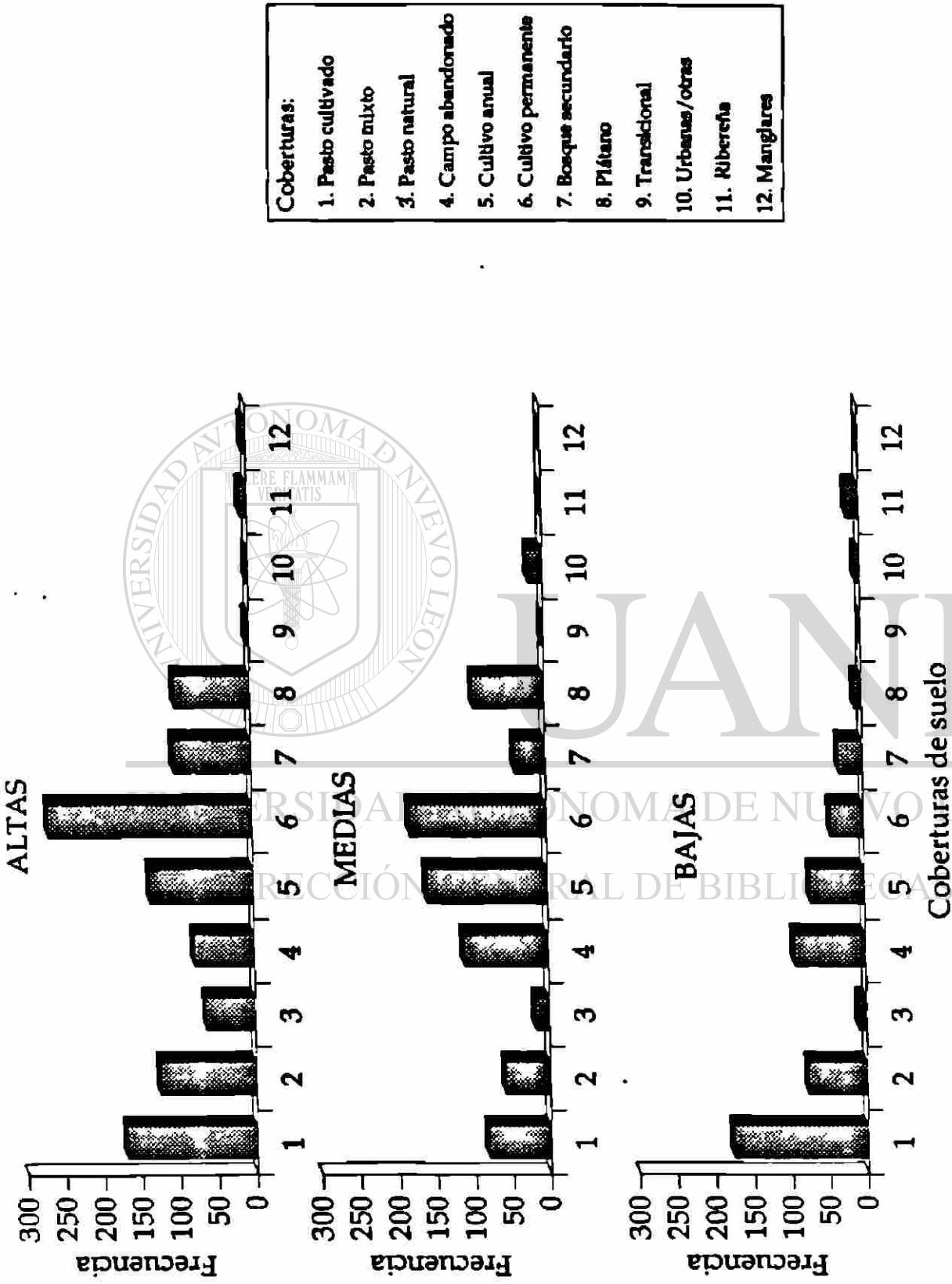


Figura 5. Frecuencias de los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados establecidos en base a su densidad relativa de mosquitos en la época de lluvias.

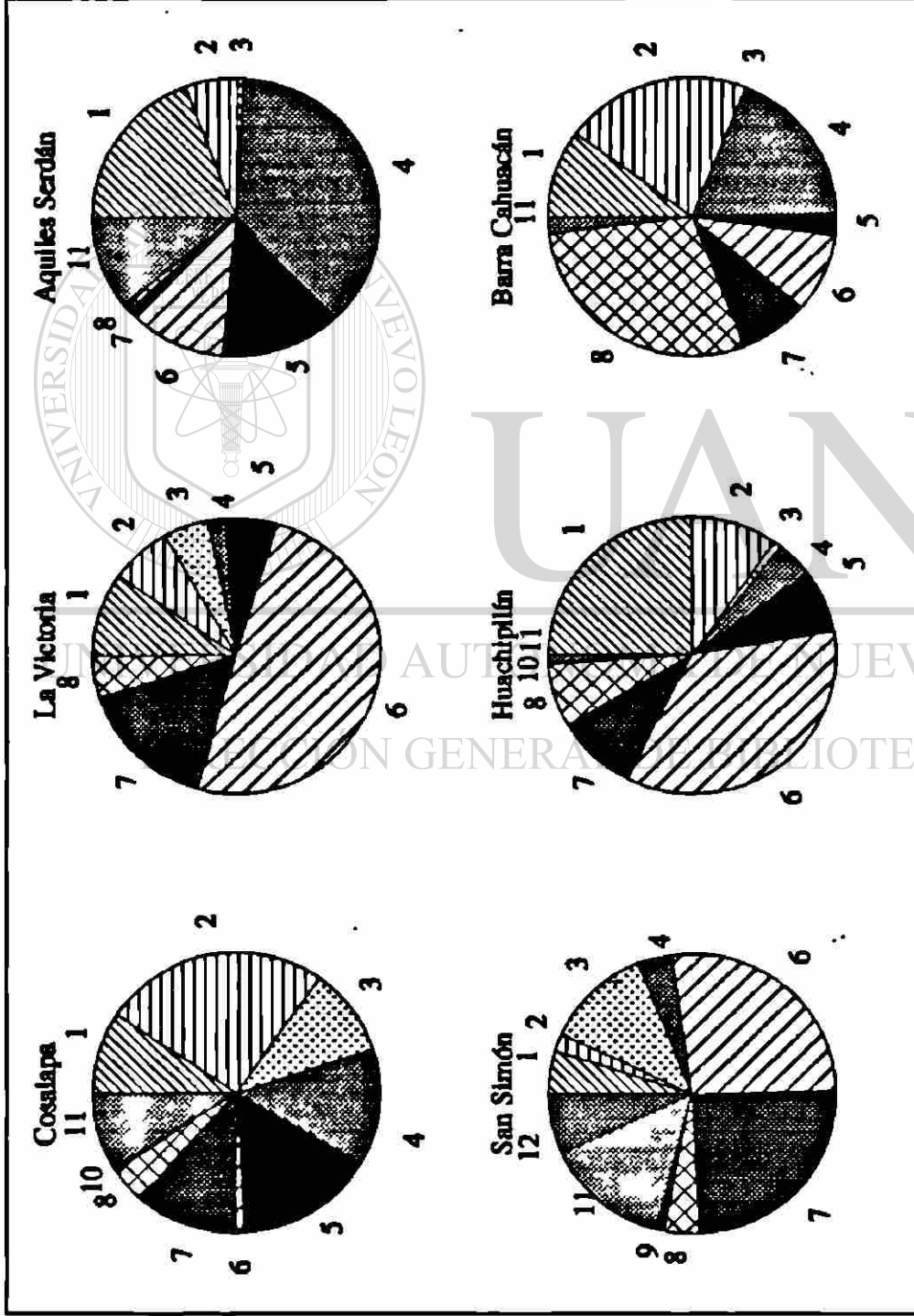


Figura 6. Proporción de área que ocupan los diferentes tipos de cobertura de suelo en los poblados que conforman el grupo con densidades altas de mosquitos.

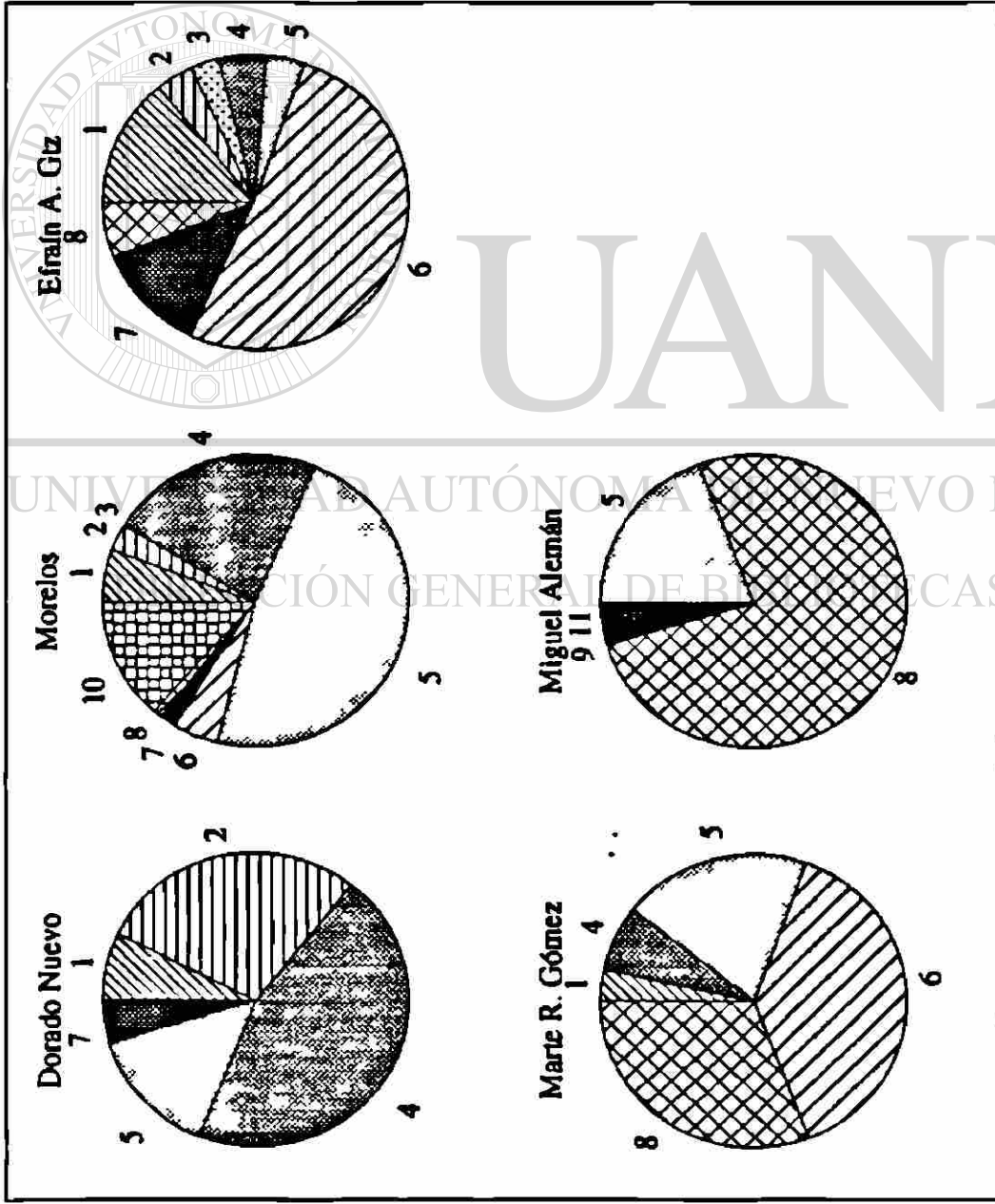


Figura 7. Proporción de área que ocupan los diferentes tipos de cobertura de suelo en los poblados que conforman el grupo con densidades medias de mosquitos.

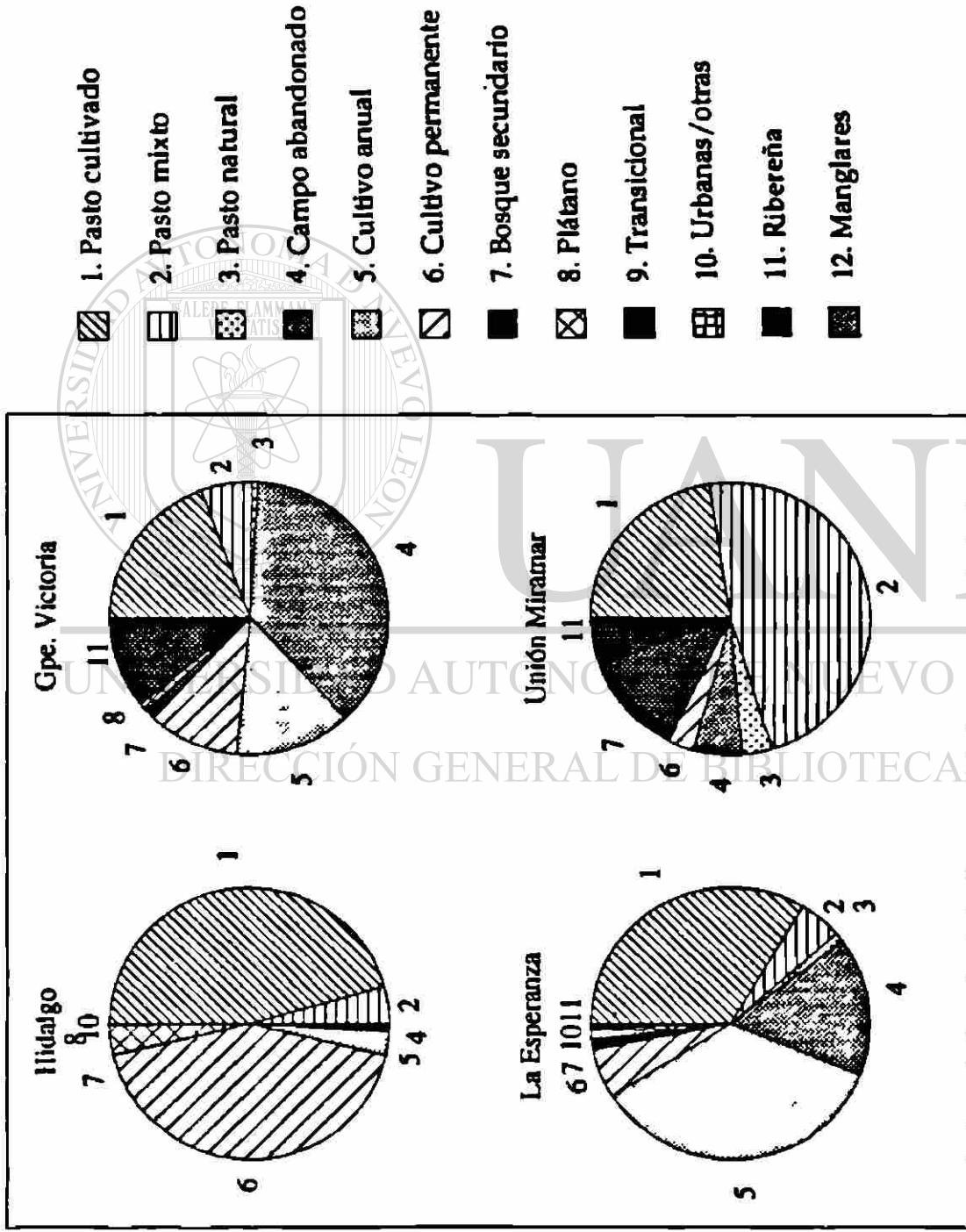


Figura 8. Proporción de área que ocupan los diferentes tipos de cobertura de suelo en los poblados que conforman el grupo con densidades bajas de mosquitos.

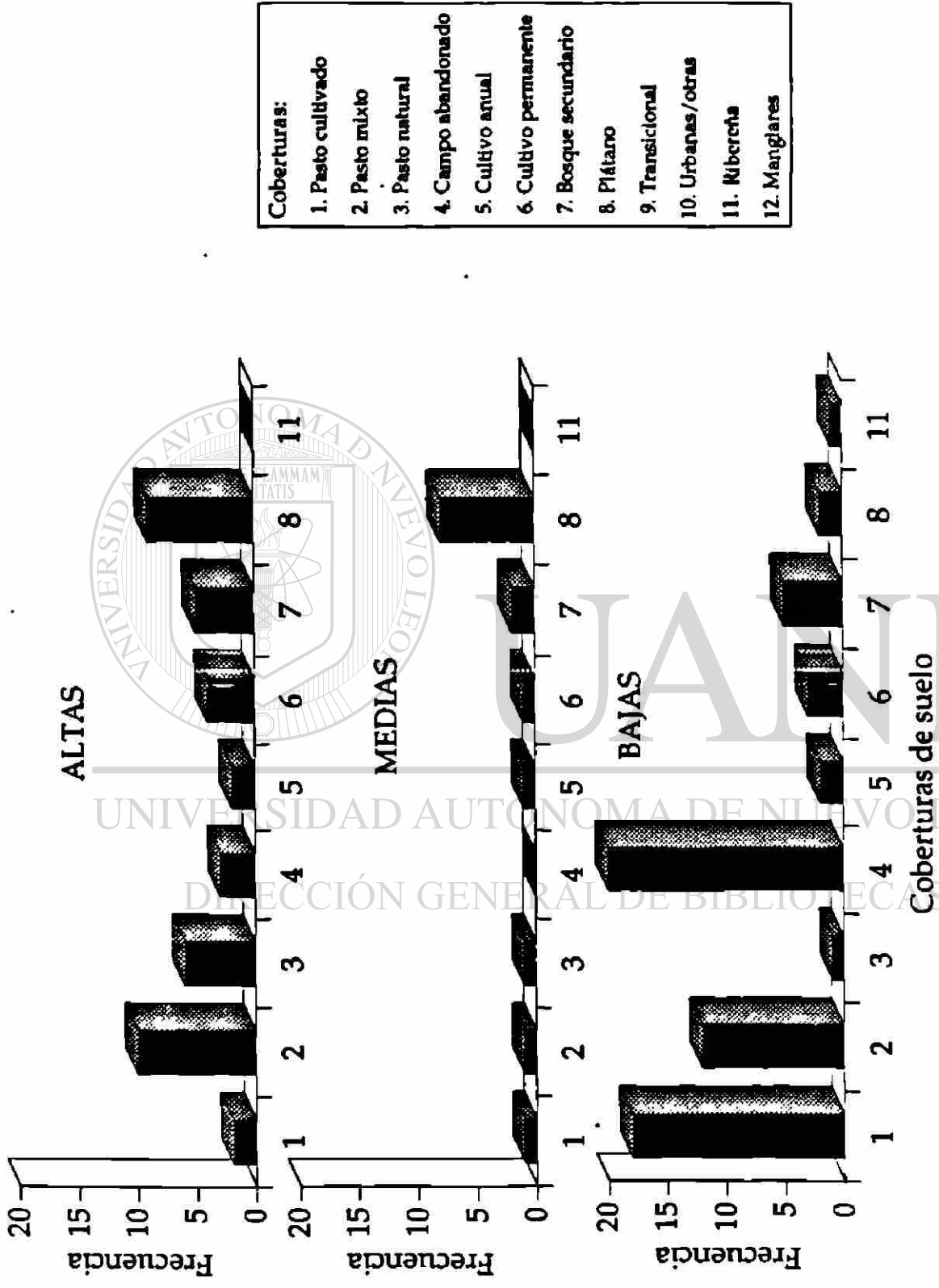


Figura 9. Distribución de frecuencias de ríos en los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados.

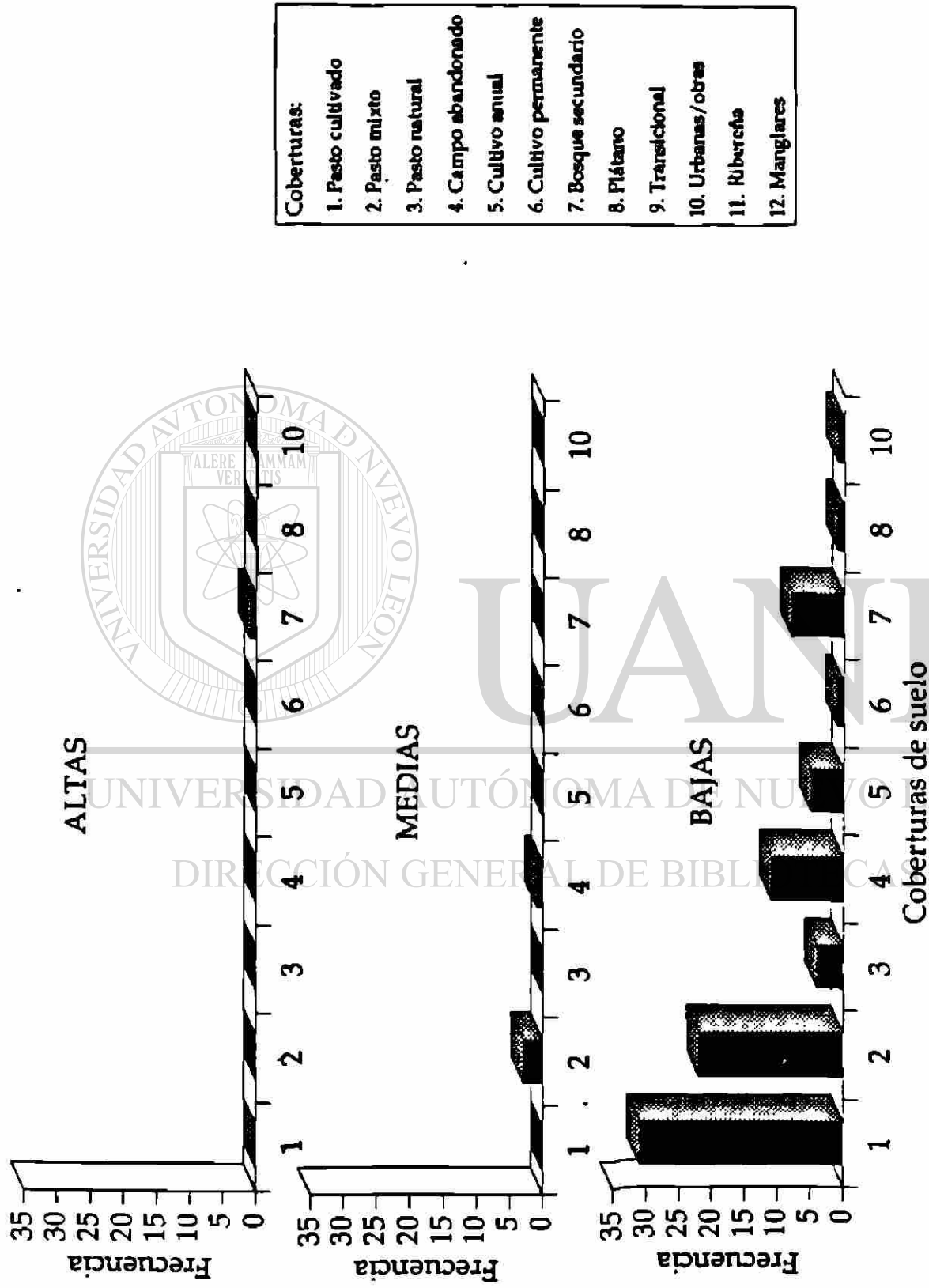


Figura 10. Distribución de frecuencias de arroyos en los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados.

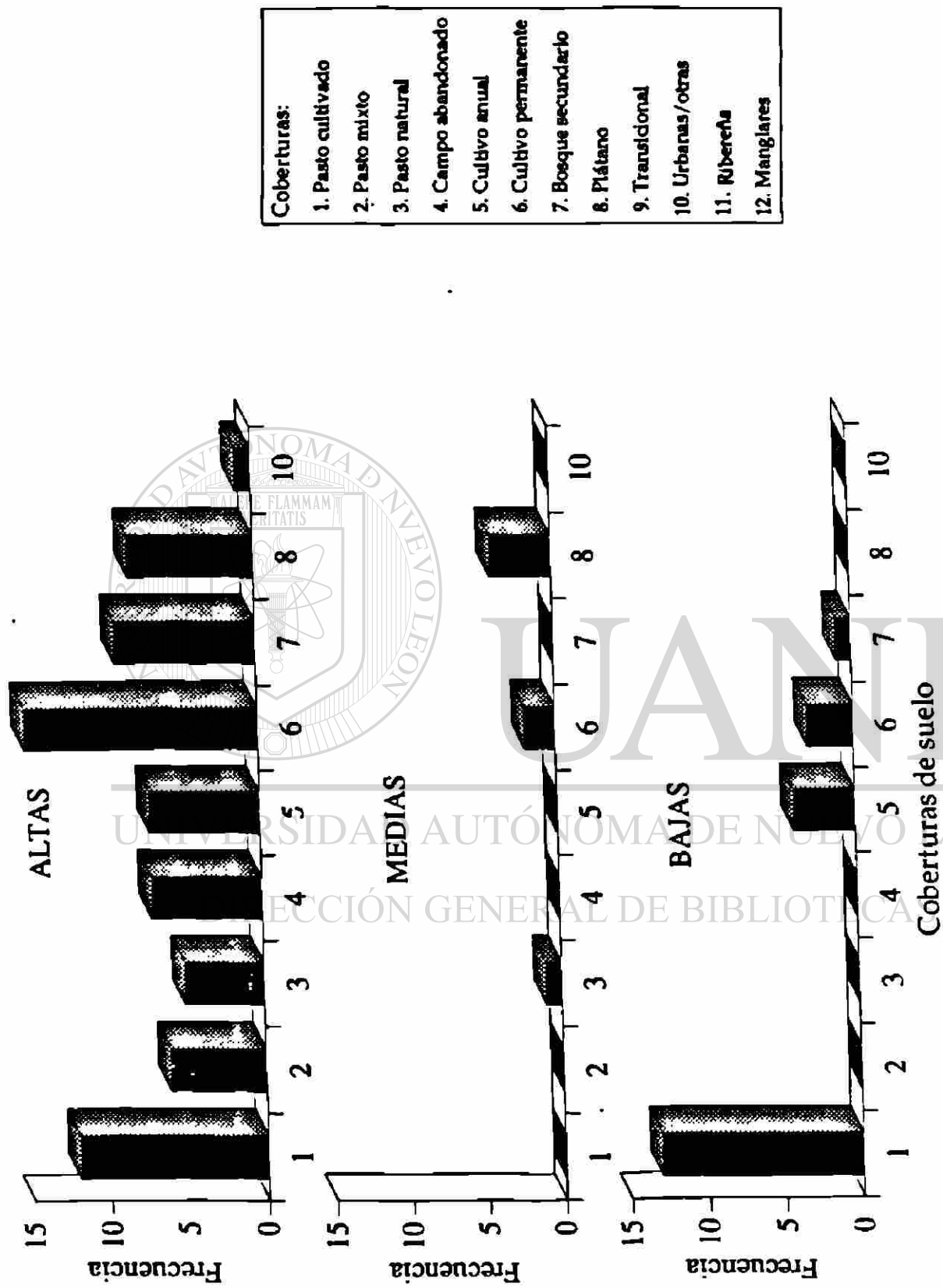


Figura 11. Distribución de frecuencias de canales principales en los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados

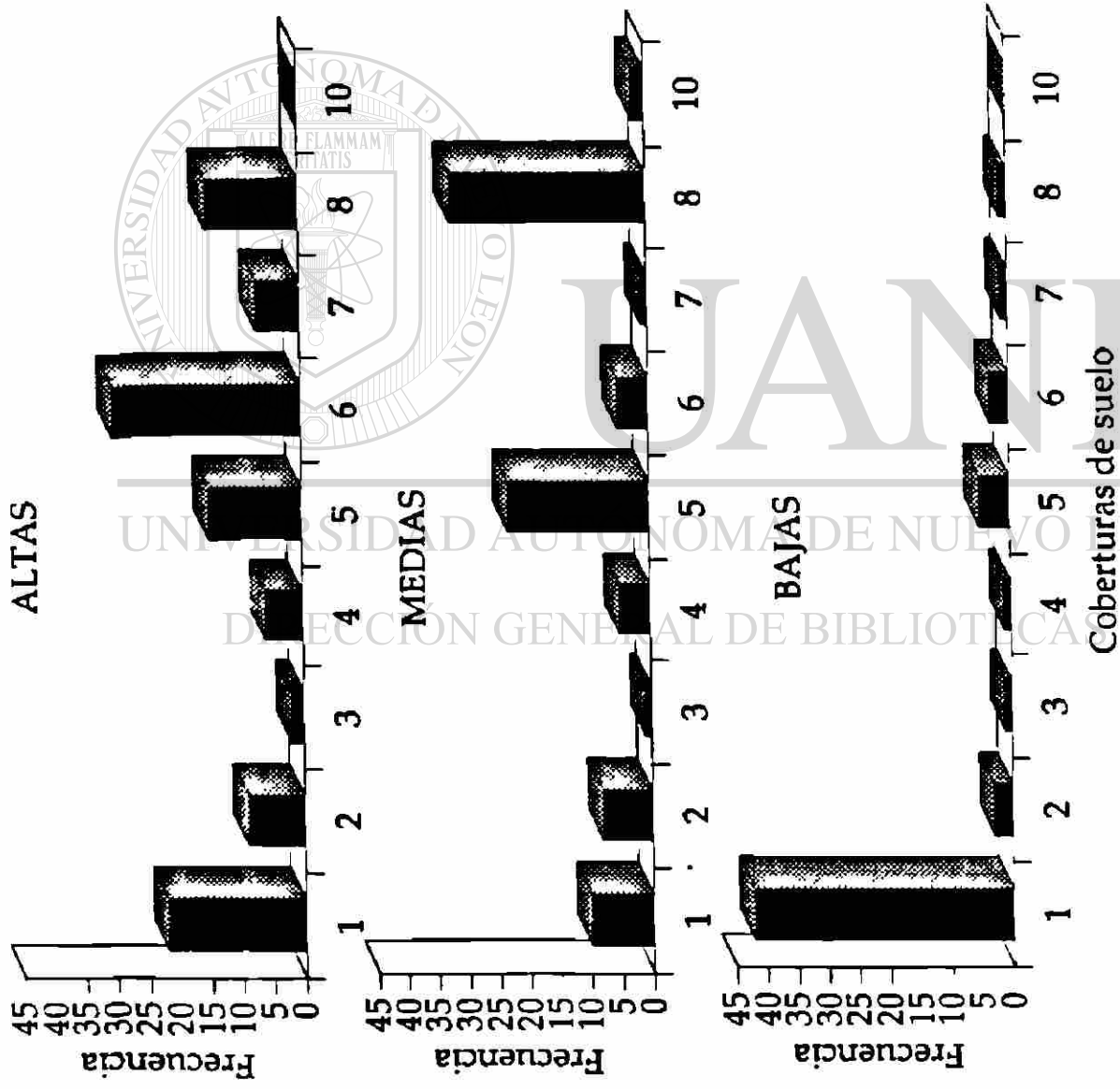


Figura 12. Distribución de frecuencias de canales secundarios en los diferentes tipos de coberturas de suelo en los tres grupos de poblados.

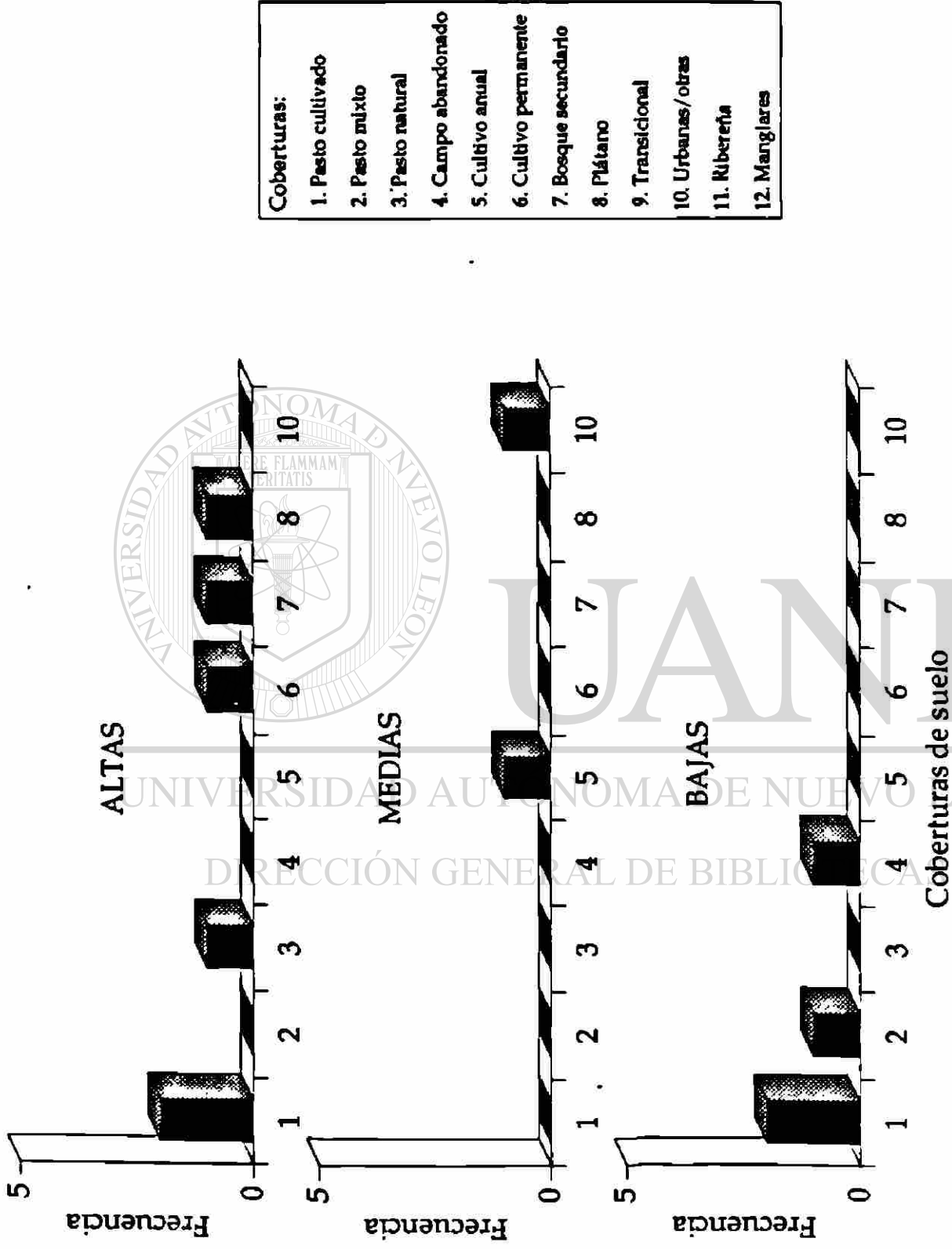


Figura 13. Distribución de frecuencias de coberturas de lagunas permanentes en los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados.

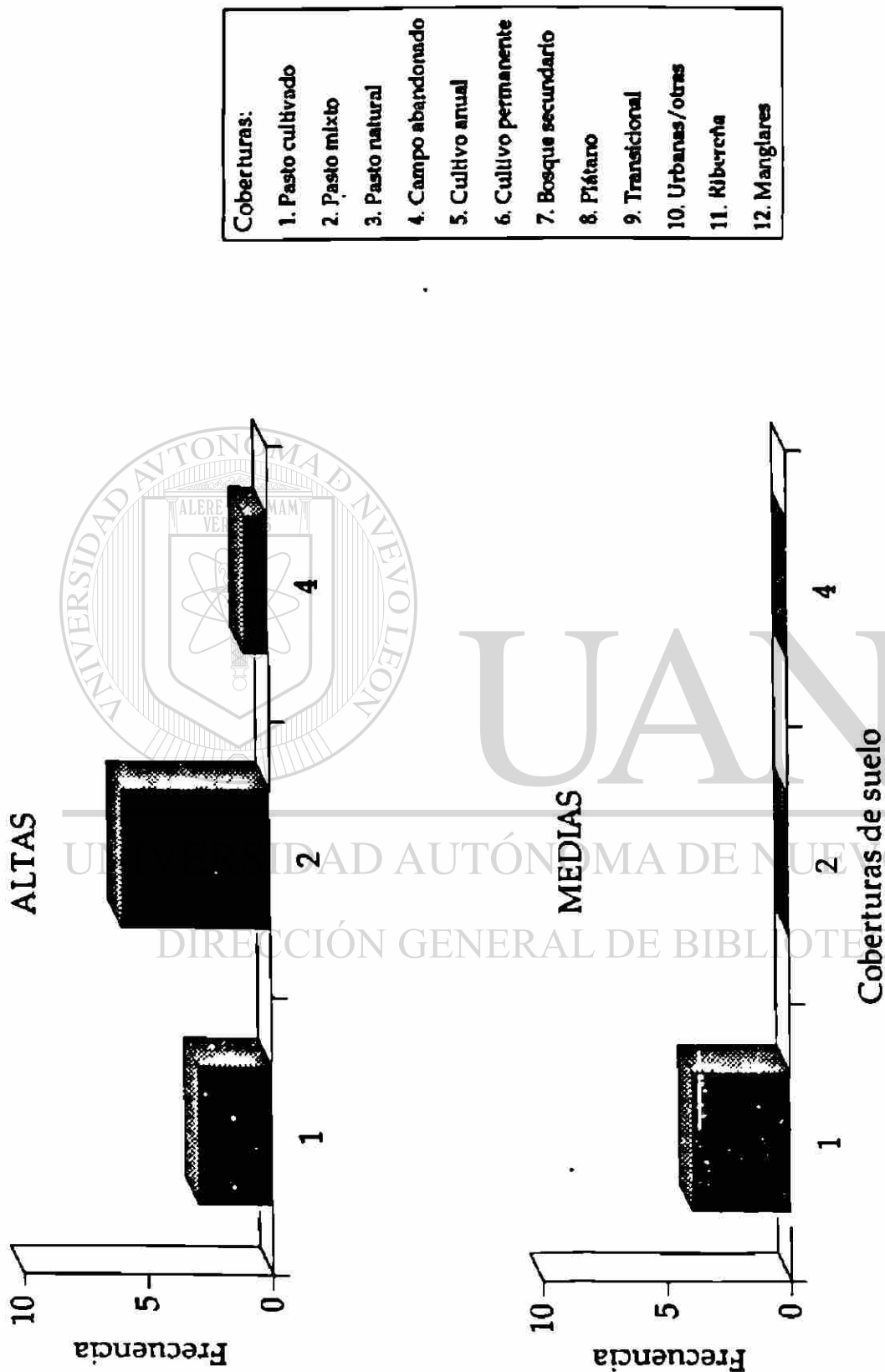


Figura 14. Distribución de frecuencias de lagunas temporales en los diferentes tipos de cobertura de suelo en dos grupos de poblados.

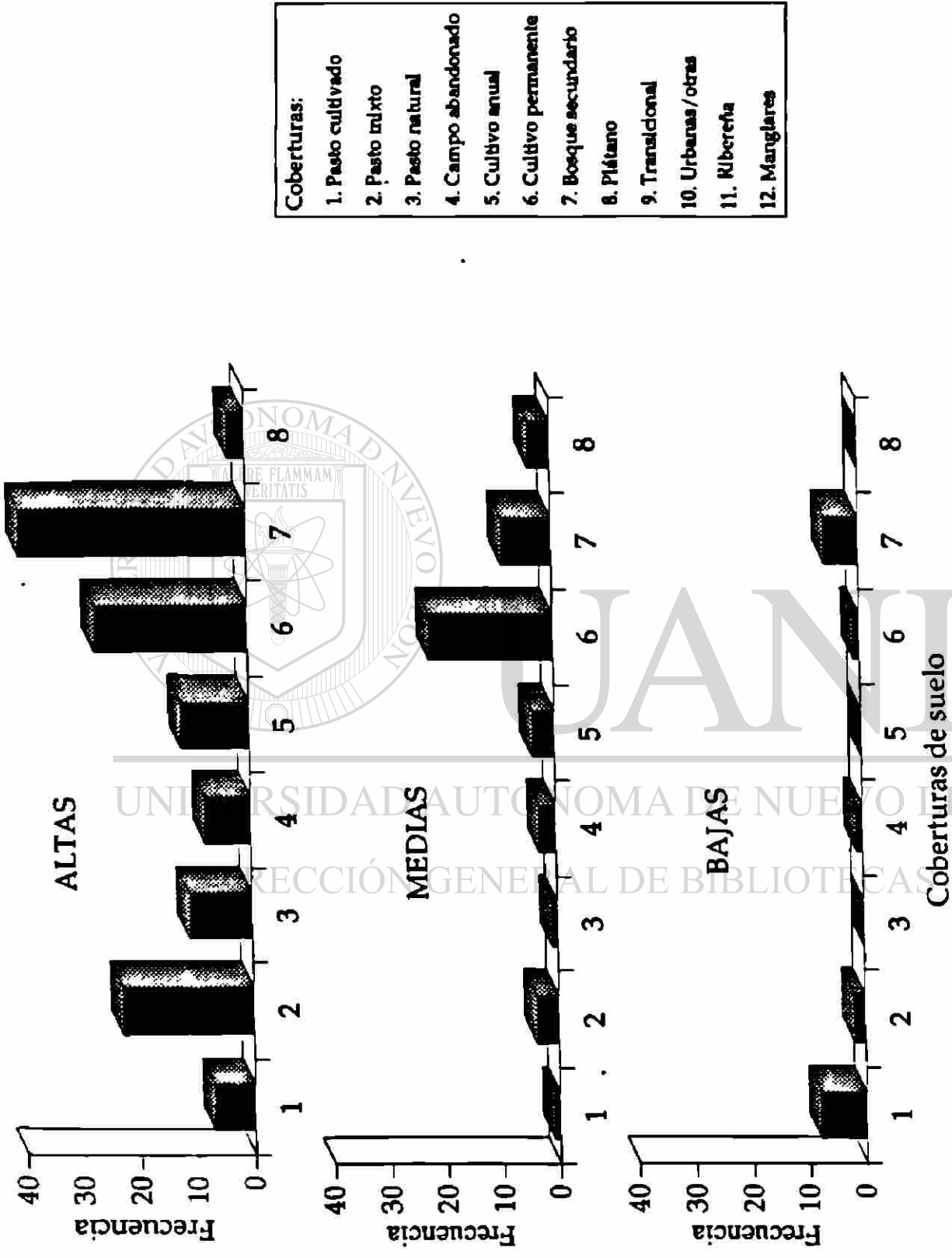


Figura 15. Distribución de frecuencias de refugios naturales potenciales en los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados.

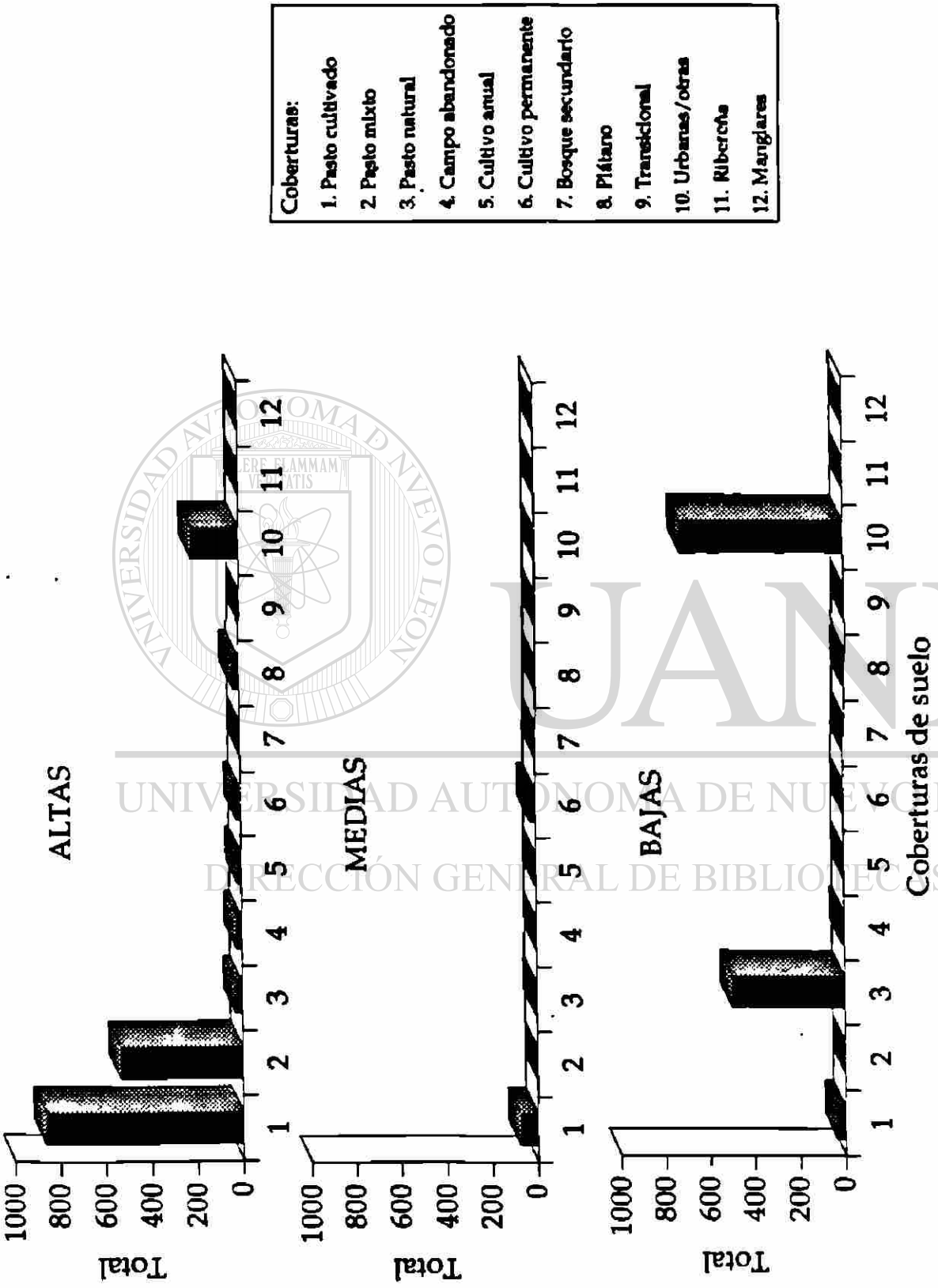


Figura 17. Distribución de ganado vacuno en los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados.

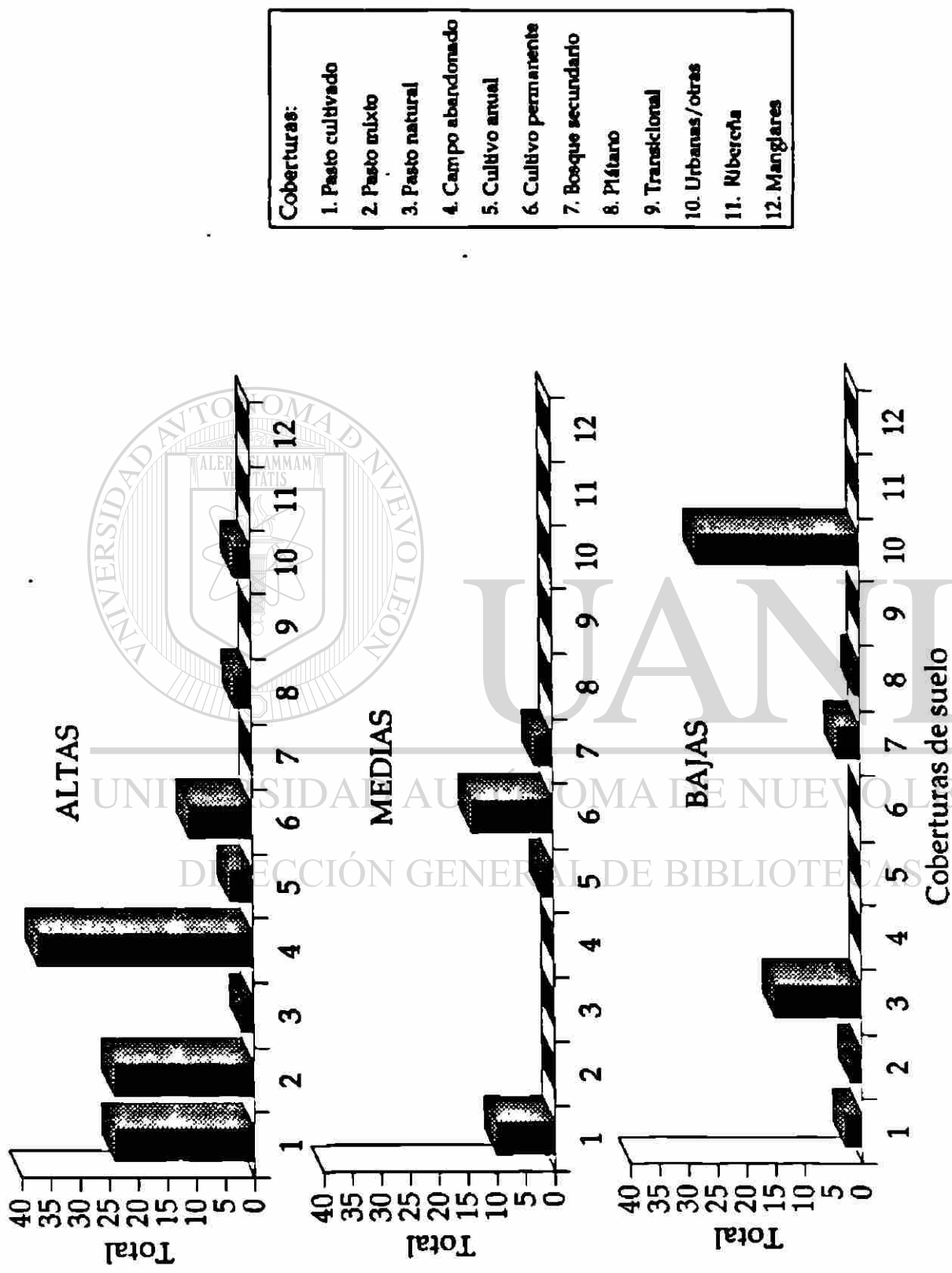


Figura 18. Distribución de ganado equino en los diferentes tipos de cobertura de suelo en los tres grupos de poblados.

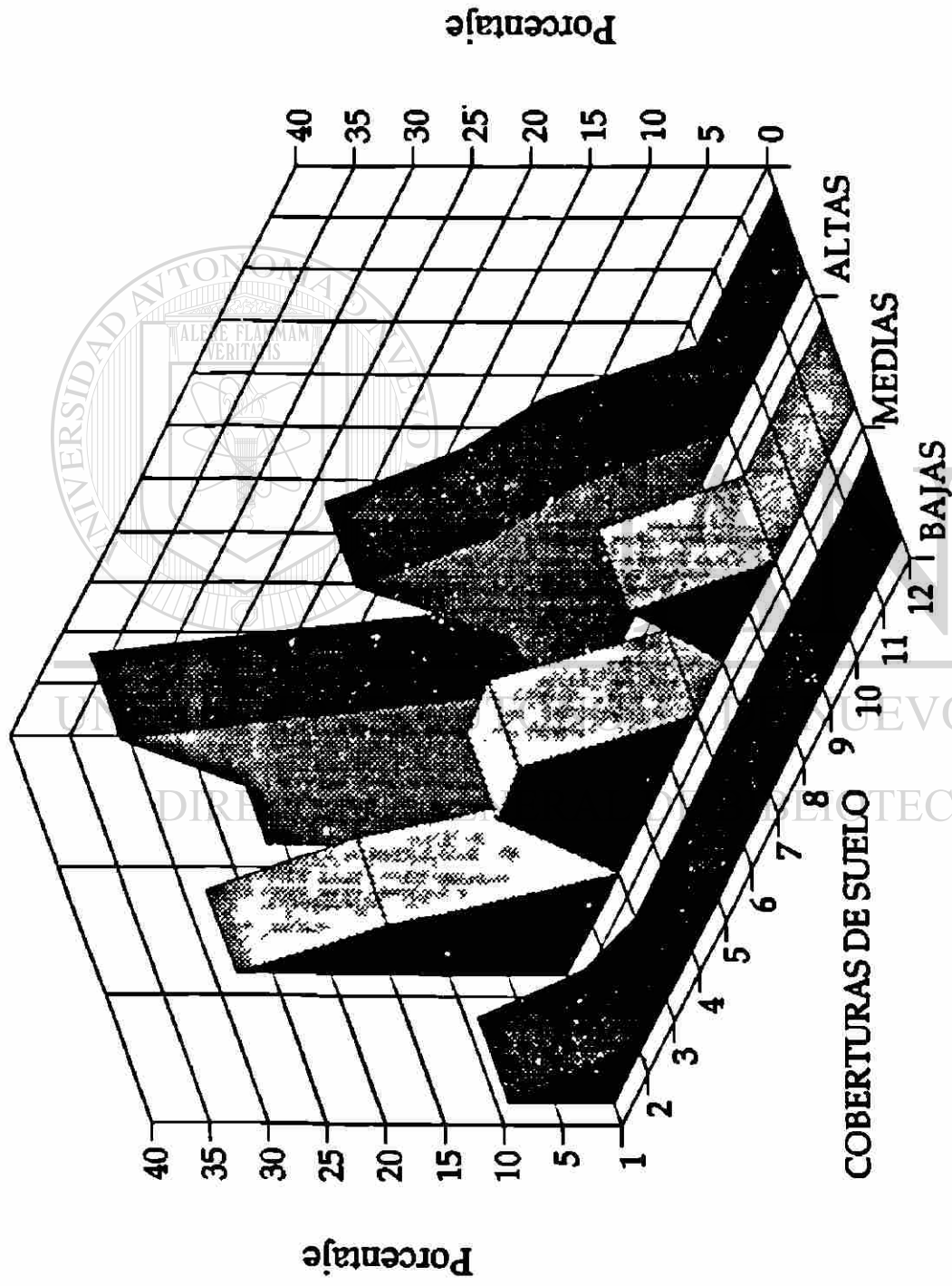


Figura 19. Porcentaje de criaderos positivos de larvas de *Anopheles albimanus* encontrados en los diferentes tipos de coberturas de suelo en los tres grupos de poblados.

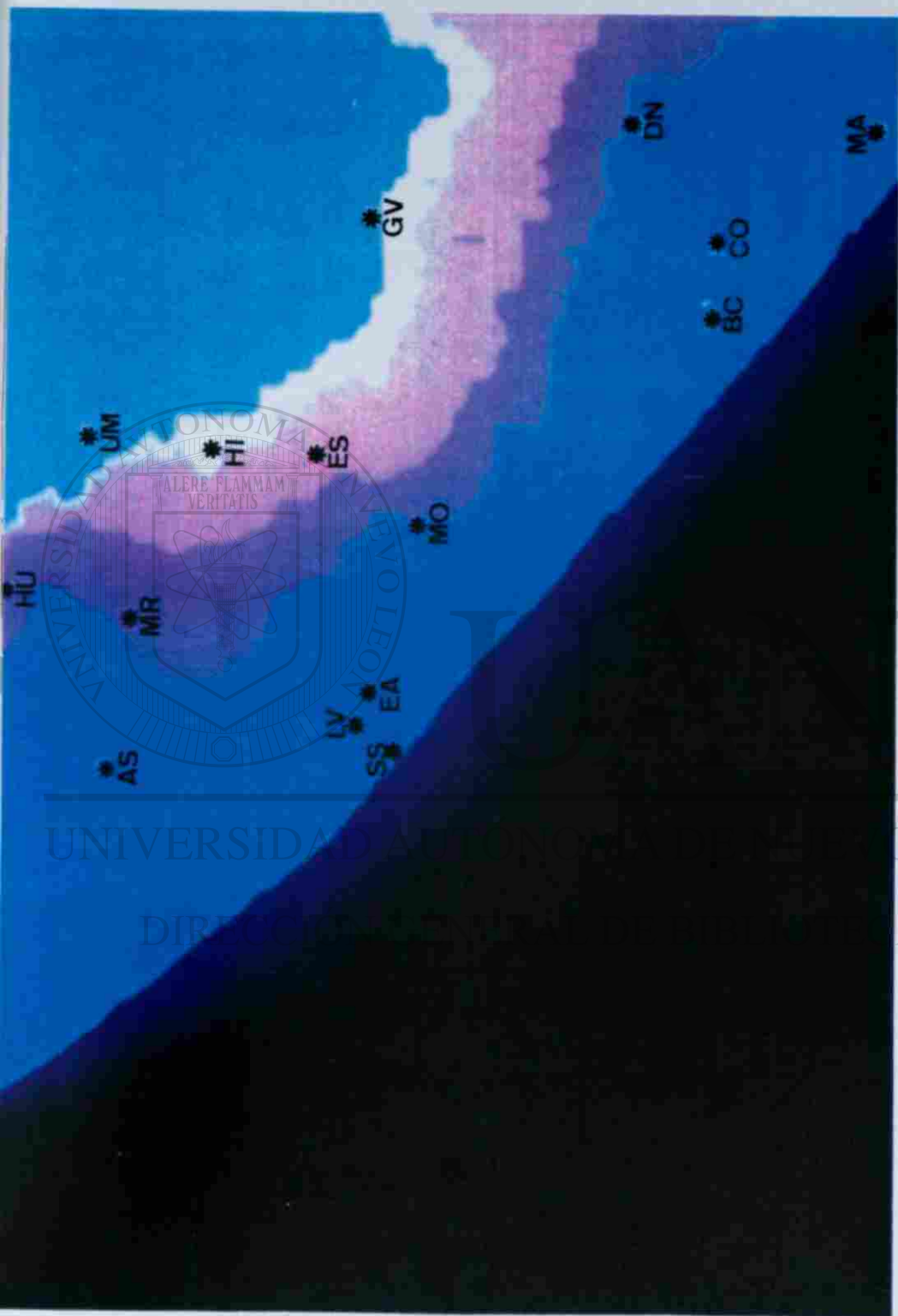


Figura 20. Localización de los 15 poblados en sus respectivos rangos de elevación. La franja inferior representa el rango de 0 a 10 m snm, le siguen hacia la parte superior el rango de 10 a 20, el rango de 20 a 40, el rango de 40 a 50 y en la parte superior las elevaciones por encima de los 50 m snm.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS