

ANALISIS CUANTITATIVO DE LA FAUNA DE
ARTROPODOS DE LAGUNA VERDE ¹

GONZALO HALFFTER

Y

PEDRO REYES-CASTILLO

Instituto de Ecología ²

Apartado Postal 18845

México 18, D. F.

¹ Este estudio es parte del Programa Nacional Indicativo de Ecología Tropical del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

² De 1972 a junio de 1974 los trabajos correspondientes al estudio ecológico del área de Laguna Verde, Veracruz, se realizaron en el Departamento de Zoología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, con el apoyo económico de la Comisión Federal de Electricidad.



Figura 1. Estudio cuantitativo de invertebrados. Muestreo de un metro cuadrado.

INTRODUCCION

Como una de las medidas para hacer frente al rápido incremento en el consumo de energía eléctrica, la Comisión Federal de Electricidad está construyendo lo que será la primera Planta Nucleoeléctrica de México, en Laguna Verde, Veracruz.

Desde 1970, hemos realizado una serie de estudios ecológicos, como parte de las medidas de seguridad de la Planta. Es importante señalar que una instalación de este tipo es probablemente la industria que más cuida los riesgos de contaminación. Ninguna otra efectúa tantos estudios preoperacionales, ni un control postoperacional tan completo como la Nucleoeléctrica.

Para los fines de Comisión Federal de Electricidad, los objetivos de nuestro trabajo son los siguientes:

- 1) Determinar si existe alguna comunidad natural, especie animal o vegetal, con interés científico o de otro tipo, que pudiera ser puesta en peligro por la operación de la Planta.
- 2) Estimar en forma preoperacional cuales serían los cambios introducidos en flora y fauna por el funcionamiento de la Planta.
- 3) Establecer los mecanismos biológicos de concentración de radionúclidos y su consumo potencial por el hombre a través de productos vegetales o animales procedentes del área.
- 4) Proponer un sistema de monitoreo biológico que permita apreciar tanto daños por radioactividad como concentración de radionúclidos, durante el tiempo de operación de la Planta.

En países de larga tradición científica, estudios de ecología aplicada como los arriba enunciados, cuentan con una base de conocimientos zoológicos y botánicos que permite con un trabajo de campo y laboratorio relativamente reducido obtener una información satisfactoria sobre flora y fauna, comunidades naturales existentes en el área y estructura de las mismas.

En el caso de Laguna Verde, como en otros trabajos sobre contamina-

ción que se están realizando en México, las condiciones son totalmente distintas. Nuestro primer problema es conocer que animales y que plantas existen en el área donde la Planta se va a construir, de que comunidades forman parte y como éstas están estructuradas. Una vez obtenida esta información, tratar de obtener un esquema del flujo energético y organización trófica dentro de cada comunidad.

Al comenzar en junio de 1972, los estudios de ecología terrestre, nos encontramos con una falta total de información sobre las características faunísticas y estructuras ecológicas de la región de Laguna Verde, Veracruz. No existía ningún estudio precedente, ni ningún trabajo realizado en áreas o condiciones semejantes, que pudiera servir de referencia. Simultáneamente con los trabajos de colecta tuvimos que buscar la ayuda de un equipo internacional de especialistas para la identificación de los diversos grupos.

Para el estudio de la vegetación y de la composición florística, contamos con la colaboración del grupo de botánicos del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México encabezado por el Dr. Arturo Gómez-Pompa, grupo que lleva varios años trabajando en el Estado de Veracruz. Su participación facilitó mucho la parte botánica de los estudios ecológicos.

Aunque un grupo de colaboradores estudió los vertebrados del área, nuestros propios estudios se centran fundamentalmente en los artrópodos.

El estudio de la fauna se ha dividido en una parte cualitativa y otra cuantitativa. Es una división de métodos y no de fines, ya que el objetivo final: la visión ecológica integral de las comunidades, incluye ambos aspectos.

En esta comunicación nos referiremos a los métodos empleados y a algunos resultados del trabajo cuantitativo correspondientes a plena época de lluvias, (julio-agosto). Es una primera aproximación al conocimiento de la estructura cuantitativa, la biomasa y la diversidad de la fauna de artrópodos de cada tipo de vegetación existente en el área de Laguna Verde, estableciendo una base para analizar su variación a lo largo del año y en dos años sucesivos, y, por otra parte, determinar las cadenas alimenticias existentes.

Independientemente del interés que tienen estos estudios para las metas de seguridad ecológica que se ha fijado Comisión Federal de Electricidad, el conjunto será el primer intento hecho en México para el análisis de un área, bajo un enfoque faunístico cualitativo y cuantitativo, coordinado con estudios florísticos y de vegetación, todo ello realizado en forma coordinada dentro de un mismo programa de trabajo.

I. MEDIO AMBIENTE FISICO

El área de trabajo se localiza sobre la costa del Golfo, en la parte norte del Estado de Veracruz. Para obtener una base de referencia amplia se colectó en un semicírculo de 30 Km de radio con centro en Punta Limón (19° 43' 36" latitud, 96° 23' 42" longitud, véase mapa), saliente de basalto que separa dos pequeñas lagunas costeras, Laguna Verde y Laguna Salada, a unos pocos Km del poblado de Palma Sola, situado sobre la carretera Veracruz-Nautla. Las colectas, muy intensivas y masivas, a las que corresponde esta comunicación, fueron hechas en un semicírculo de 5 Km con centro también en Punta Limón. Esta área será denominada, de aquí en adelante, "área de estudio", "área de Laguna Verde" o "semicírculo de 5 Km".

Clima. Durante el verano, los vientos alisios provocan fuertes precipitaciones sobre la ladera este de la Sierra Madre Oriental, que empieza a elevarse a muy pocos Km de Laguna Verde. Estas precipitaciones sufren un considerable aumento en el mes de septiembre por efecto de los ciclones tropicales. Los *nortes* tienen mucha influencia en el régimen de lluvias y temperaturas del área; "son masas de aire frío provenientes del sur de Canadá y norte de los Estados Unidos que tienen su mayor frecuencia en la época invernal. Estas masas de aire frío al pasar por las aguas cálidas del Golfo de México se modifican aumentando su temperatura y recogiendo humedad, la que introducen y precipitan en las laderas montañosas y planicies orientadas al norte. La zona de estudio se ve grandemente afectada por los nortes, lo que se refleja en el incremento del porcentaje de lluvia invernal que como se sabe es de gran importancia para las plantas" (Gómez-Pompa et cols. 1972).

La precipitación es de 1 500 mm anuales. Laguna Verde es un área de cambio; al suroeste se presentan precipitaciones de 1 000 mm anuales y, muy cerca, hacia el norte, llega a los 2 000 mm (según datos de García 1970, de acuerdo con Gómez-Pompa et cols. 1972). Según la misma fuente de información antes citada, el área de Laguna Verde corresponde a un clima Aw_2 (cálido, subhúmedo, con lluvias en verano), lindando sobre la misma planicie costera e inmediatamente al norte con un clima Am (cálido, húmedo, con lluvias en verano). La estación de lluvias comprende de junio a principios de noviembre, siendo los meses verdaderamente secos, enero a mayo.

La temperatura media anual corresponde a 26°C, con una media anual de la temperatura máxima extrema de 34°C y una media anual de la

temperatura mínima extrema de 16°C (datos de Soto 1972, de acuerdo con Gómez-Pompa et cols. 1972).

II. VEGETACION

La información que incluimos sobre tipos de vegetación procede del trabajo de Gómez-Pompa et cols. 1972, realizado dentro del Programa "Estudio Ecológico de Laguna Verde", comprendiendo también nuestras propias observaciones de campo. Para la descripción detallada de la vegetación, en los semicírculos de 5 y 30 Km, así como para las listas florísticas correspondientes, remitimos al lector a la publicación antes mencionada. (Mapa 2).

El suelo del área de estudio está formado por lavas basálticas del Plioceno Superior, más algunos depósitos eólicos.

Los principales tipos de vegetación del área de Laguna Verde son:

Vegetación pionera sobre substrato rocoso. Sobre el saliente rocoso de Punta Limón, en los primeros 20 m el suelo es arenoso con basalto aflorente. La vegetación es un pastizal de 5 a 10 cm de altura, cuyas especies dominantes son *Fimbristylis spathacea* Roth y *Distichlis spicata* L. Unos metros más adentro, este tipo de vegetación está limitado por un matorral espinoso, paralelo a la costa, cuyas dominantes son *Randia laetevirens* Standl. y *Opuntia dillenii* (Ker-Gow.). Inmediatamente al interior se presenta una vegetación herbácea pionera, asociada con matorral espinoso. Continuando tierra dentro se encuentran los primeros elementos del pastizal inducido. Limitando la vegetación pionera sobre substrato rocoso está una línea de dunas cubiertas por un matorral bajo (2 m), formado casi exclusivamente por *Acacia sphaerocephala* Schlecht. Cham.

Cuando hablamos de fauna de la vegetación pionera sobre substrato rocoso, estamos haciendo referencia a los animales colectados desde el borde del acantilado de Punta Limón hasta las inmediaciones del matorral de *Acacia*, pero sin incluir los animales que viven en este matorral.

Vegetación pionera sobre arena. Este segundo tipo de vegetación pionera ocupa una amplia extensión de dunas móviles o parcialmente estabilizadas en las playas situadas al E de las lagunas de Boca Andrea, Verde y Salada.

En estas dunas se encuentran, principalmente, especies que presentan crecimiento por estolones o plantas herbáceas y arbustivas de aspecto tendido. Las dominantes son dos especies de *Ipomoea*, *Sesuvium portulacastrum* L., *Palafoxia texana* DC. y en los lugares inundables o en el borde de Laguna Verde, *Cyperus articulatus* L.

Hacia el N de Laguna Verde, se encuentra un fragmento de selva baja subcaducifolia sobre una duna, que llega hasta la orilla de la laguna. Esta selva tiene una altura de 20 m y está compuesta principalmente por *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Grisel., asociado a algunas otras especies.

Pastizal inducido. Tanto en el área de 5 Km, como en general en toda la zona, la mayor parte de los terrenos planos o con poco declive están ocupados por un pastizal inducido de *Panicum maximum* Jacq. o por formaciones secundarias resultado del abandono del pastizal.

Dentro de los pastizales persisten, en bastante número, elementos de la selva subcaducifolia como *Sabal mexicana* Mart, *Tecoma stans* (L) HBK., *Randia laetevirens* Standl., *Bursera simaruba* (SW.) Sarg., árboles como *Tabebuia rosea* (Bert.) DC. y *Chlorophora tinctoria* (L.) Gand. que alcanzan frecuentemente 20 m de altura y manchones de *Bromelia pinguin* L.

Esta sobrevivencia de especies de selva, también se presenta en los insectos. La entomofauna de este tipo de vegetación es una compleja mezcla de nuevos elementos introducidos con el pastizal y especies que persisten en los pequeños manchones o incluso en las plantas aisladas que quedan de la selva original. Justamente esta heterogeneidad ha obligado a desarrollar un sistema de muestreo que pueda capturarla.

Selvas bajas y medias subcaducifolias. Este tipo de vegetación fue el más extendido antes de la perturbación humana. Se desarrolla a altitudes inferiores a los 300 m, principalmente sobre suelos planos o de poca pendiente, de origen aluvial o derivados de basaltos u otros tipos de rocas volcánicas.

En su mayor parte ha sido substituido por pastizales o vegetación secundaria de diversas edades, pero quedan algunos manchones y elementos de este tipo de vegetación persisten en los pastizales y formaciones secundarias. Esta sobrevivencia se explica por la presencia dentro de las selvas bajas y medias caducifolias y subcaducifolias de muchas especies preadaptadas a las condiciones de disturbio, incluyendo las quemas, por la selección ejercida por los largos periodos de secas.

Encinares de altitudes bajas. Se encuentran desde el nivel del mar hasta los 500 m de altitud, en suelos rojos, poco profundos, con muchas rocas aflorantes, drenaje superficial muy pronunciado, derivados de andesitas y otras rocas volcánicas.

En el área de Laguna Verde, donde durante la estación seca (enero a mayo), las quemas afectan prácticamente toda el área cubierta por este tipo de vegetación, la repoblación por encinos está muy desarrollada.

Gómez-Pompa et cols. (1972) presentan la posibilidad de que muchos de estos encinares sean el resultado de una preadaptación al fuego de especies que ocupaban zonas menos extensas.

Manglares. En el área de 5 Km este tipo de vegetación ocupa superficies reducidas de suelos fangosos e inundables en las orillas de Laguna Salada y, en mucho menor extensión, en la Laguna de Boca Andrea.

La planta más abundante es *Avicennia germinans* L., que forma agrupaciones casi puras en la mayor parte del área cubierta por el manglar.

III. ANALISIS CUANTITATIVO DE LA FAUNA DE INVERTEBRADOS

Materiales y métodos. Los datos que presentamos en esta comunicación corresponden a los tres primeros meses de la época de lluvias, periodo en que el ecosistema tiene probablemente su máxima productividad.

El material se obtuvo en dos campañas intensivas de colecta (junio y agosto de 1972), llevadas a cabo con la colaboración de grupos numerosos de estudiantes, más los resultados de una residencia continua en el área de junio a agosto 1973, además de algunas capturas complementarias realizadas en 1974.

Se colectaron decenas de miles de ejemplares, que fueron medidos, clasificados de una manera preliminar y enviados a los especialistas para su identificación definitiva. En las capturas se incluyeron todos aquellos invertebrados que viven sobre el suelo, la vegetación o vuelan. *No se incluyó el edafon* por dos razones. La primera, la complejidad en el análisis y la falta de especialistas que puedan identificar gran número de los animales que lo componen. La segunda razón tiene que ver con los objetivos de este estudio: el suelo es en sí una protección contra las radiaciones, que no tienen los organismos que pasan la mayor parte de su vida en la superficie o sobre la vegetación. Por lo tanto, los organismos del edafon se prestan menos a detectar posibles cambios faunísticos debidos a la futura actividad de la Central Nucleoeléctrica.

Cada tipo de vegetación se estudió por separado, estableciéndose subtipos cuando existían conjuntos muy caracterizados, por ejemplo, los manchones de *Acacia* en la vegetación pionera sobre basalto.

Nuestro sistema de captura-análisis, si bien requiere de más trabajo de laboratorio y campo, consideramos que da una buena idea de la diversidad y biomasa total en cada tipo de vegetación y permite hacer inferencias muy precisas sobre biomasa en distintos niveles tróficos y mecanismos

de las cadenas alimenticias, así como sobre el estado ecológico de la fauna de artrópodos en cada tipo de vegetación.

La colecta se hizo mediante una serie de *capturas exhaustivas* en lotes de 1, 10 y 100 m², a las que se suman los valores obtenidos en *colectas especiales* sobre determinados nichos ecológicos (excremento, carroña, palmeras, diversas especies de árboles, etc.).

Los lotes para las capturas exhaustivas se limitaron con cordón y estacas. Con machete se limpió la vegetación circundante, cuidando de no tocar el lote. Este se dejó descansar 24 horas, para que se restituyera la fauna que pudiera haber caído o huído por la manipulación. Se procedió a la captura con manga, a mano y con aspirador. La vegetación que quedaba limpia de invertebrados se cortaba, sacudía violentamente dentro de la manga, revisaba y echaba fuera del lote. Así se procedió hasta que el lote quedó totalmente limpio. Entonces se recolectaban los ejemplares que estaban en el suelo o debajo de piedras. Mientras una parte del personal efectuaba este trabajo, otra rodeaba el lote para capturar los insectos que trataran de huir volando o desplazándose por el suelo. El lote no se dejó hasta que no se consideró que todos los ejemplares de los grupos estudiados habían sido capturados (la última etapa es una revisión cuidadosa del suelo con aspirador). Estos trabajos se realizaron con el auxilio de grupos numerosos de estudiantes, coordinados por todo el personal científico del proyecto.

Los ejemplares obtenidos fueron divididos por grupos taxonómicos y dentro de éstos por niveles tróficos. Después, medidos uno por uno, para calcular su volumen. (Este proceso se repitió con todas las capturas).

Los resultados obtenidos se expresaron en relación a una unidad de superficie uniforme: 100 m², multiplicando el resultado por un factor de corrección calculado de acuerdo con la eficiencia real de la captura en relación con una base 100 que representaría el total de ejemplares existente en el área colectada.

Así, los datos de cada captura exhaustiva quedan corregidos de manera que corresponden a 100 m² y 100% de eficacia en la colecta. La media aritmética de todas las capturas, con un mínimo de 5 por cada tipo de vegetación, es el valor *a*.

El valor *a* es la base para los distintos cálculos, pero debe ser corregido, sumando aquellos invertebrados que no se capturan por el sistema antes descrito. Estos nuevos valores se obtienen de las *capturas especiales*, que son las siguientes:

Capturas con trampa-luz. Los ejemplares obtenidos corresponden al área que cubre la trampa-luz, misma que se calcula en el campo. Los resulta-

dos son corregidos, multiplicando los valores obtenidos por el factor específico de eficacia y referidos a 100 m². Este valor es *b*.

Colectas con cebos de diferentes excrementos y animales muertos. Están destinadas a conocer la fauna copro y necrofágica. Los cebos se dispusieron a distancias precisas, por periodos de 12, 24 o más horas. En cada caso, se efectuaron numerosas repeticiones.

Para poder referir los resultados obtenidos con los cebos a los valores cuantitativos generales utilizados en el trabajo, es necesario efectuar los siguientes pasos:

1). Determinar para cada tipo de vegetación y en el caso de los pastizales para cada uno en particular (dadas las diferencias marcadas que hay entre distintos pastizales) la relación entre especies y número de ejemplares colectados en un cebo de forma y tamaño definidos y los que existen en un mojón de estiércol. Se obtiene así un índice que se aproxima a 1 si el cebo está 24 horas. Los cebos en estas condiciones suelen contener la misma cantidad y calidad de ejemplares que un mojón de tamaño medio. Se substituye la colecta directa en mojoneros por el uso de cebos, ya que la primera es muy laboriosa: es necesario atrapar los insectos que están en la superficie del mojón, dentro del estiércol (proceso muy difícil cuando son insectos pequeños) y en la tierra bajo el mojón hasta una profundidad de 60 cm y en un círculo mínimo de 60 cm de radio. El contenido del cebo, por el contrario, es lavado en colador al chorro de agua, separándose los insectos limpios. Por otra parte, el cebo retiene los insectos que ruedan una bola de alimento o vuelan, aunque en este último caso deben tomarse precauciones para evitar pérdidas.

2). El siguiente paso es contar el número de mojoneros frescos (hasta de 3 días) y trabajados, en una superficie grande (1 a 2 Ha) de la formación que se está estudiando.

3). El número de Scarabaeinae y otros animales coprófagos se determina multiplicando el promedio de capturas en los cebos dispuestos en una determinada formación X factor de corrección cebo/mojón X número de mojoneros frescos y trabajados en el área en estudio. El resultado obtenido se lleva a 100 m² y constituye el valor *c*.

En el caso de los insectos necrófagos se tiene que recurrir a una estimación del número de cadáveres que puede haber en una superficie grande, se multiplica por el valor promedio obtenido en los cebos (corregido para compensar las pérdidas por vuelo) y el resultado se lleva a 100 m². Es el valor *d*.

Los insectos en vuelo permanente: mariposas y odonatos se cuentan mediante repetidas observaciones realizadas en un área marcada de super-

ficie conocida. Se promedian los valores obtenidos y se llevan a 100 m². Es el valor *e*.

Quedan por estimar, en el caso de pastizales que están evolucionando hacia la selva o bien que conservan algunos elementos de ella, los insectos que viven en arbustos grandes y árboles. Para coleccionar estos insectos, sin pérdidas, se utilizó por primera vez en México un sistema ya empleado en África y Europa, en estudios ecológicos semejantes.

Se cubrieron los alrededores del árbol con sábanas, de manera que nada que cayese pudiese escapar a la vista. Usando una escalera, se roció el árbol con un insecticida de efecto muy rápido (un preparado a base de piretrinas mezclado con un insecticida fosforado). Los insectos comenzaron inmediatamente a caer y el proceso continuó durante algún tiempo. Estos insectos se iban recogiendo. Cuando dejaron de caer insectos se fue cortando y sacudiendo rama por rama del árbol, viendo si no había insectos en el interior de las ramas. Este proceso se repitió numerosas veces, en las distintas especies de arbustos y árboles que hay en el pastizal. Mientras tanto se contó cuidadosamente y para una superficie grande, el número de arbustos y árboles que existían.

Los resultados se manejaron para obtener tres valores distintos: *f* acacias; *g* —arbustos y árboles; *h*— palmeras. Los dos últimos valores se corrigieron cortando algunos árboles y palmeras no rociados y dejándolos para ver que insectos atraían.

Los valores *f*, *g* y *h* se obtuvieron multiplicando el promedio de los invertebrados coleccionados en cada caso X el número de elementos vegetales de ese tipo en un área grande (2 a 3 Ha). Los valores obtenidos se refirieron a 100 m².

En síntesis, la fauna de invertebrados correspondiente a un tipo de vegetación, a una determinada estación del año y a un nivel trófico determinado (el material de campo se clasifica y separa por niveles tróficos antes de procesarlo) es igual a $a + b + c + d + e + f + g + h$. Esta suma es la base de todos nuestros cálculos.

El resultado de este método integrado de colecta es que damos una visión completa, corregida por una serie de factores cuidadosamente determinados, de la fauna que realmente existe en la comunidad y no, como ocurre en otros trabajos, de la que es atraída por determinada trampa o atrapada mediante un solo sistema (v. gr. manguero).

El método de evaluar la biomasa es también original. Tenemos que trabajar con organismos muy distintos, que van desde caracoles hasta insectos con tegumentos muy finos. Por ello, hemos considerado que la biomasa expresada en peso seco no refleja bien la realidad. Se ha establecido

un método mediante el cual los ejemplares capturados son divididos por grupos taxonómicos, medida su longitud y ancho y calculando el volumen considerándolos como un cilindro. La biomasa es expresada en mm^3 . En un trabajo posterior será necesario encontrar un factor que permita convertir estos valores volumétricos en calorías

Resultados

a) FAUNA DE LA VEGETACION PIONERA SOBRE SUBSTRATO BASALTICO

A continuación se agrupa la fauna correspondiente a este tipo de vegetación, según niveles tróficos y de acuerdo con los resultados de las capturas hechas en Punta Limón. Los resultados están expresados para 100 m^2 ; la biomasa se da en mm^3 de volumen del animal fresco.

CUADRO 1

CONSUMIDORES PRIMARIOS (FITOFAGOS)

	<i>Individuos</i>	<i>mm³</i>
Gastropoda	774.10	56 401
Orthoptera	215.55	142 417
Heteroptera	1 453.30	20 280
Homoptera	331.56	1 339
Coleoptera	193.65	2 583
Lepidoptera, larvas	100	5 626
Lepidoptera, adultos	3.45	4 755
Hormigas	734	8 017
Otros Hymenoptera	4.65	131
Total:	3 810.26	241 579

Ni en este cuadro, ni en los siguientes se incluyen las hormigas que pueden estar en el momento de la recolección en el interior de los hormigueros.

CUADRO 2

DEPREDADORES

	<i>Individuos</i>	<i>mm³</i>
Aranea	1 049.53	5 500
Opiliones	200	1 960
Pseudoscorpionida	100	158
Odonata	1.5	10 500
Hemiptera	200	4 014
Coleoptera	138.08	4 035
Hormigas	2 650	2 148
Total:	4 339.11	28 315

CUADRO 3

PARASITOS

	<i>Individuos</i>	<i>mm³</i>
Hymenoptera	202.7	317
Diptera	32.32	142
Total	235.02	459

CUADRO 4

SAPROBIONTES

	<i>Individuos</i>	<i>mm³</i>
Isopoda	552.7	998
<i>Gecarcinus lateralis</i>	360	15 840 000
Blattaria	205.4	6 276
Isoptera	20	47
Grylloidea	106.7	5 698
Coleoptera	2 037.03	281 394
Hormigas	800	1 256
Diptera	570.85	3 027
Dermaptera	18	167
Total:	4 670.68	16 138 863

CUADRO 5

COPROFAGOS

	<i>Individuos</i>	<i>mm³</i>
Coleoptera	2.4	781

TOTAL DE INDIVIDUOS EN 100 m²: 13 057.47

TOTAL DE BIOMASA EN 100 m²: 16 409 997 mm³

Hasta el momento (el análisis cualitativo-taxonómico no ha concluido) se han identificado para este tipo de vegetación, 58 especies de invertebrados, cifra baja, que refleja una fauna pobre, como lo es también la vegetación de una etapa seral pionera. Este carácter queda remarcado por el escaso número de especies propias, no compartidas con otros tipos de vegetación, así como por la dependencia faunística que muestra la faja de vegetación pionera hacia los pastizales cercanos, de donde proviene una buena parte de su fauna.

Si consideramos el número total de individuos por 100 m² y lo dividimos por el número de especies, tenemos un índice de la riqueza de individuos por especies: índice de diversidad. Este parámetro es eficiente, en la forma en que aquí se ha tomado el número de especies (número total calculado para cada tipo de vegetación), porque se trata de comunidades sencillas y bastante homogéneas, con una composición aproximadamente constante.

El índice de diversidad de la fauna de invertebrados, para la vegetación pionera sobre substrato basáltico, es de 225 (individuos / especie / 100 m²). Esta cifra da una primera visión de la realidad, ya que unas pocas especies —notablemente las hormigas— comprenden una cantidad grande de individuos: 1 046/especie, mientras que el resto (que constituye la mayor parte) tiene un número de individuos mucho menor.

De la manera más llamativa, la biomasa muestra el dominio de *Gecarcinus lateralis* (Freminville). De un total de 16 409 997 mm³ / 100 m², 15 840 000 mm³ corresponden a este cangrejo. A las 57 especies restantes, con 12 687 individuos, les corresponde solo 569 997 mm³, lo que claramente señala que se trata de animales muy pequeños (en promedio con 45 mm³ de volumen por individuo).

El análisis por separado de cada nivel trófico, indica para los consumidores primarios un total de 3 810 individuos con 241 579 mm³ de bio-

masa. En este nivel dominan en número de individuos los Heteroptera, seguidos por Gastropoda —*Praticolella griseola* (Pfeiffer)— y hormigas. En biomasa, el dominio —marcadísimo— es de los Orthoptera, que comprenden más de la mitad de la biomasa total de invertebrados fitófagos.

Los depredadores comprenden un número de individuos algo mayor, pero una biomasa mucho menor. El aumento en la cantidad de individuos es debido a las hormigas carnívoras (numerosas, pero muy pequeñas) y, en segundo lugar, a una cierta abundancia de pequeñas arañas.

Además de la acción de los invertebrados carnívoros, la población de invertebrados soporta una importante depredación por algunos vertebrados: el ratón *Baiomys musculus* y las lagartijas *Sceloporus variabilis* y *Cnemidophorus* spp. Estos animales, junto con el conejo *Sylvilagus floridanus*, son los vertebrados más abundantes en el área de Punta Limón.

El nivel correspondiente a saprobiontes es de una riqueza notable, debida casi exclusivamente a una sola especie, *Gecarcinus lateralis*. Aunque este cangrejo forma parte de la fauna asociada con la vegetación pionera sobre basalto, se alimenta no sólo en ésta sino fundamentalmente en la zona supralitoral. Es por lo tanto, un elemento dominante que, en gran parte, depende para su vida del mar.

b) INVERTEBRADOS DE LAS DUNAS

Colectas efectuadas en dunas móviles, bajo restos de plantas muertas, peces o cangrejos.

Existen dos especies muy características, el cangrejo *Gecarcinus lateralis* (Fremerville) y el Coleoptera, Tenebrionidae, *Phaleria* probablemente *pilatei* Chevrolat, ambos abundantes. El cangrejo es un animal dominante en la franja de tierra sujeta a la influencia del mar. Las *Phaleria* se encuentran en la arena suelta.

Además, se encuentran varios de los elementos que viven sobre la vegetación pionera: isópodos, un blátido, Anthicidae, Staphylinidae e Histeridae dentro de los Coleoptera, hormigas y algún hemíptero, la mayor parte de ellos arrastrados por el aire a las dunas.

Esta fauna no comprende ningún CONSUMIDOR PRIMARIO propio, ya que tampoco existe una vegetación viva. *Depende tróficamente del mar*, de los residuos que este deposita sobre playas y dunas móviles cercanas. Las cadenas alimenticias se establecen a partir de algas, peces y cangrejos muertos, invertebrados saprobiontes que viven de estos restos y depredadores que atacan a los saprobiontes y a algún elemento ocasional arrastrado por el aire de tierra adentro.

CUADRO 6

DEPREDAADORES

	<i>Individuos</i>	<i>mm³</i>
Aranea	2	0.76
Coleoptera	7.5	19.50
Total:	9.5	20.26

CUADRO 7

SAPROBIONTES

	<i>Individuos</i>	<i>mm³</i>
Isopoda	4.5	140
<i>Gecarcinus lateralis</i> y otros cangrejos	37.5	29 092
Blattaria	0.5	461
Coleoptera	14.5	72
Diptera	2	5
Total:	59	29 770

TOTAL DE INDIVIDUOS EN 100 m²: 68.5

TOTAL DE BIOMASA EN 100 m²: 29 790 mm³

La biomasa está formada casi exclusivamente por cangrejos. En individuos, además de los cangrejos, unos pocos coleópteros —especialmente las *Phaleria* que son estenotópicas de este habitat— tienen relativa importancia.

c) FAUNA DE LA VEGETACION PIONERA SOBRE DUNAS

Los cuadros siguientes comprenden los invertebrados colectados en la vegetación pionera situada entre las dunas móviles y Laguna Verde.

CUADRO 8

CONSUMIDORES PRIMARIOS (FITOFAGOS)

	<i>Individuos</i>	<i>mm³</i>
Gastropoda	200	28 400
Phasmoptera	.67	.76
Orthoptera	317	46 854
Thysanoptera	1.33	.05
Heteroptera	1 507	2 773
Homoptera	3 215	215 090
Coleoptera	793	14 621
Hormigas	11 151	106 394
Otros Hymenoptera	4	30
Lepidoptera	501	4 179
Total:	17 690	418 341

CUADRO 9

DEPREDADORES

	<i>Individuos</i>	<i>mm³</i>
Aranea	4 088	60 947
Pseudoscorpionida	100	438
Odonata	5	4 962
Hemiptera	3.17	.48
Coleoptera	894	4 042
Hormigas	6 453	3 228
Diptera	4.67	17
Total:	11 547.84	73 282

CUADRO 10

PARÁSITOS

	<i>Individuos</i>	<i>mm³</i>
Hymenoptera	458	271
Diptera	425	1 329
Total:	883	1 329

CUADRO 11

SAPROBIONTES

	<i>Individuos</i>	<i>mm³</i>
Cangrejos	2 600	1 062 511
Thysanura	100	5 537
Blattaria	501.3	12 684
Isoptera	600	138
Grylloidea	1 002.6	69 881
Coleoptera	504.5	910
Hormigas	2	18
Diptera	425	1 058
Total:	5 926.4	1 156 748

TOTAL DE INDIVIDUOS EN 100 m²: 36 047.24

TOTAL DE BIOMASA EN 100 m²: 1 649 700 mm³

Si comparamos esta fauna con la que se encuentra en la vegetación pionera sobre substrato basáltico, encontramos que el *número total de individuos por m²*: 360, es cerca de tres veces superior al equivalente en vegetación pionera sobre basalto (130/m²). En la vegetación pionera sobre dunas se encuentra una mayor variedad de insectos que en la vegetación equivalente desarrollada sobre basalto, con un aumento general en el número de familias y especies, principalmente de Coleoptera.

Por los resultados numéricos que líneas antes se incluyen, puede apreciarse que este aumento en la variedad (71 especies contra 58 en la vegetación pionera sobre basalto), va acompañado de un fuerte incremento en el número de individuos.

El índice de diversidad: 507 (individuos / especie / 100 m²) refleja que es mayor el aumento en número de individuos que en especies.

En biomasa, los cangrejos siguen siendo muy importantes (clara señal de dependencia del mar): 1 062 511 mm³ de un total de 1 649 700 mm³, pero el valor de la "biomasa-cangrejo" es algo más de 15 veces inferior al equivalente en la vegetación pionera sobre basalto, mientras que el valor de la biomasa en el resto de los invertebrados es ligeramente superior: 587 189 mm³/100 m².

El volumen promedio de los invertebrados no cangrejos es bastante menor: 16.3 mm³, lo que se explica por el aumento de pequeños homópteros y arañas, así como de hormigas, que son aún más abundantes que en la vegetación del basalto.

Los consumidores primarios comprenden un total de 17 690 individuos con 418 341 mm³ por 100 m², contra 3 810 individuos y 241 579 mm³, existentes en la vegetación pionera sobre basalto. Este aumento corresponde a una flora más rica que sustenta una fauna no sólo más numerosa, sino más equilibrada y variada. El incremento en individuos se debe principalmente a Homoptera, Coleoptera, Lepidoptera y a la hormiga *Atta mexicana*. En la biomasa de consumidores primarios dominan los Homoptera y, en segundo lugar, las hormigas.

También a nivel de depredadores la fauna es más rica: 11 547 individuos y 73 283 mm³/100 m², contra 4 339 individuos y 28 315 mm³/100 m² de vegetación pionera sobre basalto. Aunque sigue habiendo una depredación por vertebrados, ésta es de menor importancia en el caso de la vegetación sobre basalto.

El nivel de saprobiontes señala una dependencia del mar mucho menor. Para un número superior de individuos por 100 m², 5 926 contra 4 670 de la vegetación pionera sobre basalto, la biomasa es más de 15 veces menor. Los saprobiontes dominantes siguen siendo cangrejos, pero a los *Gecarcinus*, se mezclan otras especies más pequeñas. En comparación, aumenta la importancia de los Grylloidea y disminuye la de los Coleoptera (menos individuos de Tenebrionidae).

Desde el punto de vista cualitativo, aunque se trata de una formación pionera con pocos elementos propios, es mucho más rica en insectos que la vegetación equivalente sobre basalto. También como ocurre en biomasa y número de individuos, esta formación comienza a tener carac-

terísticas propias, a incluir elementos faunísticos estenotópicos y no sólo dependientes del mar o bien arrastrados o emigrados de los pastizales próximos.

Entre estos elementos están coleópteros, como un *Psammodyus* (Scarabaeidae, Aphodiinae), y dos especies de Tenebrionidae: *Pechalius pilosus* Champion y *Paratenetus punctulatus* Champion. En general, hay un aumento notable en el número de familias y especies de Coleoptera.

d) ARTHROPODA DEL PASTIZAL INDUCIDO

Los cuadros siguientes incluyen los resultados de una serie numerosa de capturas realizadas en los pastizales sembrados (la especie introducida es *Panicum maximum* Jacq.) que conservan árboles aislados, o pequeños manchones de lo que fuera la comunidad clímax: la selva baja subcaducifolia.

Esta formación de disclímax, mantenida como tal por el fuego y otros tipos de actividad humana, así como por la acción del ganado, es la formación más extendida en el área de 5 Km en torno a Punta Limón, ocupando todos los suelos aluviales de poca pendiente.

Algunas de las características principales de la entomofauna de esta formación son: 1) la mezcla de especies que se alimentan de pastos, nativos o introducidos, con las adaptadas a los matorrales o árboles de la selva subcaducifolia, que sobreviven aislados o en setos; 2) la aparición de un nicho importantísimo: el estiércol vacuno, al que se asocia toda una entomofauna, especialmente de Scarabaeinae; 3) los numerosos lugares con vegetación secundaria (v. gr. potreros abandonados) que dan una flora muy variada y, por lo tanto, aumentan en mucho el número y diversidad de los fitófagos, sobre todo coleópteros.

Las distintas variantes del pastizal cuya fauna está analizada en los cuadros subsiguientes tienen muchas características en común. Así, la formación clímax es la selva baja subcaducifolia, de la que quedan restos más o menos reducidos; el área está dedicada a la ganadería, con introducción de pastos, quemas periódicas y, en algunos potreros, tratamientos con insecticidas para el control de garrapatas; el suelo es aluvial de poca pendiente; la biología de su entomofauna guarda una estrecha relación con el clima cálido y subhúmedo (Aw_2) que presenta un periodo largo de sequía (6 a 7 meses).

Ganadería. Es la actividad humana que ha transformado la vegetación primaria hacia las formaciones actuales. Ganadería implica desmonte, siembra de pastos (en este caso *Panicum*), quemas periódicas para impedir la

sucesión hacia la comunidad clímax; alimentación y pisoteo por parte del ganado; y, por último, pero se trata de un factor ecológico-faunístico de la mayor importancia, incorporación a los ciclos del ecosistema de cantidades muy apreciables de estiércol.

Según datos recogidos, en julio de 1972, la asociación ganadera de Palma Sola incluía 43 miembros, cuyos predios se encuentran hasta una distancia máxima de 4 Km de Palma Sola (es decir, coincide en términos generales con nuestra área de 5 Km).

En esta extensión, de aproximadamente 3 000 Ha, tenían 2 159 cabezas de ganado vacuno y 144 de caballo. El mínimo de animales por propietario es de 4 y el máximo es de 186; la mayor parte tienen entre 30 y 60 cabezas.

Hemos calculado, excluyendo los terrenos con selva y formaciones secundarias, que los potreros mantienen cerca de una cabeza por hectárea. Sin duda, se trata de una buena productividad.

La abundancia de ganado en los pastizales dominantes en el área, tiene su reflejo en la riqueza en especies de Scarabaeinae, así como en el aumento en individuos en algunas de ellas, bien adaptadas a los pastizales manejados por el hombre y al excremento de vacunos.

CUADRO 12

CONSUMIDORES PRIMARIOS (FITOFAGOS)

	<i>Individuos</i>	<i>mm²</i>
Gastropoda	670	111 758
Phasmoptera	2	852
Orthoptera	529	213 164
Thysanoptera	3	1
Heteroptera	809	29 508
Homoptera	608	39 496
Coleoptera	1 294	32 750
Lepidoptera	215	13 721
Hormigas	1 390	8 180
Otros Hymenoptera	15	2 474
Total:	5 535	451 904

CUADRO 13

DEPREDADORES

	<i>Individuos</i>	<i>mm³</i>
Opiliones	239	6 065
Aranea	1 678	32 754
Odonata	9	4 843
Mantidae	39	3 845
Hemiptera	330	3 288
Neuroptera	3	4
Coleoptera	461	16 799
Hormigas	1 773	3 283
Diptera	6	48
Total:	4 538	70 929

CUADRO 14

PARÁSITOS

	<i>Individuos</i>	<i>mm³</i>
Hymenoptera	33	417
Diptera	36	126
Total:	69	543

CUADRO 15

SAPROBIONTES

	<i>Individuos</i>	<i>mm³</i>
Diplopoda	389	261 769
Isopoda	148	11 850
Thysanura	80	1 758
Blattaria	860	101 291
Grylloidea	162	4 834
Dermaptera	745	63 093
Coleoptera	134	4 393
Hormigas	697	6 598
Diptera	49	1 934
Total:	3 264	457 520

CUADRO 16

COPROFAGOS

	<i>Individuos</i>	<i>mm³</i>
Coleoptera	405	356 085

CUADRO 17

NECROFAGOS

	<i>Individuos</i>	<i>mm³</i>
Coleoptera	14	1 059

TOTAL DE INDIVIDUOS EN 100 m²: 13 825

TOTAL DE BIOMASA EN 100 m²: 1 338 040 mm³

El pastizal inducido presenta, a nivel de consumidores primarios, la biomasa más alta de todas las formaciones estudiadas, que corresponde casi al doble de la existente en la vegetación pionera sobre basalto, aunque es sólo un poco superior a la que se encuentra en la vegetación pionera sobre substrato arenoso. A esta biomasa de artrópodos hay que añadir el número más elevado de vertebrados nativos, más aproximadamente $1\frac{1}{2}$ vaca por Ha. Estas últimas, son una influencia decisiva en la entomofauna, al introducir un nuevo nicho ecológico: el estiércol.

El número de individuos que se encuentra en el pastizal es algo menor al que se presenta en la vegetación pionera sobre substrato arenoso. Esto se explica por la riqueza que tiene este tipo de vegetación de pequeños Homoptera y hormigas. Sin embargo, los individuos son mayores y la riqueza taxonómica (índice de diversidad) también es más grande.

A nivel de depredadores, el número de individuos es semejante al que se encuentra en la vegetación pionera sobre basalto, aunque la biomasa es más del doble (esta refleja depredadores mayores, principalmente arañas).

En comparación con la vegetación pionera sobre arena, la biomasa es ligeramente inferior, pero el número de individuos es marcadamente menor. En el pastizal, a nivel de depredadores dominan las arañas, a las que hay que añadir pequeños vertebrados no considerados en estos cálculos.

A nivel de saprobiontes las diferencias entre el pastizal y los dos tipos de vegetación pionera son marcadísimas y señalan la independencia del mar de la primera formación. Aquí no llegan restos marinos, ni existen saprobiontes que se alimenten principalmente de detritus litorales o en el mar. Cobran importancia dos grupos terrestres: Diplopoda y Blattaria.

A pesar de que en el pastizal estudiado (en el área de Punta Limón) la ganadería es mucho menos importantes que en pastizales 2 o 3 Km tierra adentro, los coprófagos, básicamente Coleoptera, Scarabaeinae, se convierten en parte muy importante del ecosistema.

Si efectuamos un análisis comparativo de la biomasa de artrópodos en los distintos tipos de vegetación, no considerando los cangrejos que claramente dependen del mar, la biomasa del pastizal corresponde a $1\ 338\ 040\ \text{mm}^3/100\ \text{m}^2$, mientras que en la vegetación pionera sobre substrato arenoso sólo llega a $587\ 189\ \text{mm}^3$ y en la vegetación pionera sobre basalto es de $569\ 997\ \text{mm}^3$.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos hacer patente nuestro agradecimiento a Comisión Federal de Electricidad, entidad que nos ha dado todo género de facilidades para el estudio ecológico de Laguna Verde, programa al que pertenece esta comunicación. Dentro de este organismo, siempre recibimos la mejor colaboración de las personas directamente responsables de supervisar nuestro trabajo, sucesivamente el Ing. Carlos Enrique Cervantes de Gortari, el Físico Dalmau Costa y el Ing. José Luis Ruiz Mijares.

En el trabajo de campo correspondiente a este estudio tuvimos la ayuda del Dr. Joaquín Mateu y de las pasantes de Biólogo Carmen Huerta y Sabina Gómez. En el Laboratorio, en el tedioso trabajo de separar y medir miles de ejemplares, participaron las dos personas últimas, más Rebeca Guerra, Bert Kohlmann y Ruy Halffter.

ABSTRACT

This work is the first of a series of studies devoted to the qualitative and quantitative analysis of the fauna of Laguna Verde, Veracruz. In this place Comision Federal de Electricidad is building the first nucleoelectric plant of Mexico. In this communication we present the quantitative analysis of the arthropoda that exist during the rainy season, in three of the most important types of vegetation in the area where the nucleoelectric plant will be built: pioneer vegetation on dunes, pioneer vegetation on basalt and induced grassland. Besides the fauna that live on the dunes at the seashore is studied.

The methodology of sampling and the analysis used is described in detail.

In each type of vegetation the fauna is divided for its analysis by trophic levels: primary consumers, depredators, parasites, saprobionts, coprophagous and necrophagous. In each trophic level and taxonomically grouped, the number of individuals as well as the biomass (expressed in mm^3) by m^2 is given.

The two types of pioneer vegetation show a remarkable dependency on the sea, specially marked in biomass, as a very high percentage of the total is formed by the crab *Gegarcinus lateralis* (Fremenville). The rest of the fauna corresponds, with the exception of a few specific elements, to the same species of the grassland which are dragged by the wind to the pioneer communities, to which, furthermore, they tend to expand.

The fauna of the pioneer vegetation on sandy soil is richer in individuals and more varied in its composition, although its biomass is minor as the number of crabs is more reduced.

On the induced grassland (the dominant species is *Panicum maximum* Jacq.), there is a qualitative constitution which is the reflex of the floristic one. Together with species, natural of the grassland, coexist others which are remainders of the fauna adapted to the low subdeciduous forest, climax formation on the area, of which survive palm trees, isolated trees and bushes or small groups of them.

In this grassland, the appearance of cattle dung is a new ecological niche to which a whole entomofauna is associated, mainly of Scarabaeinae.

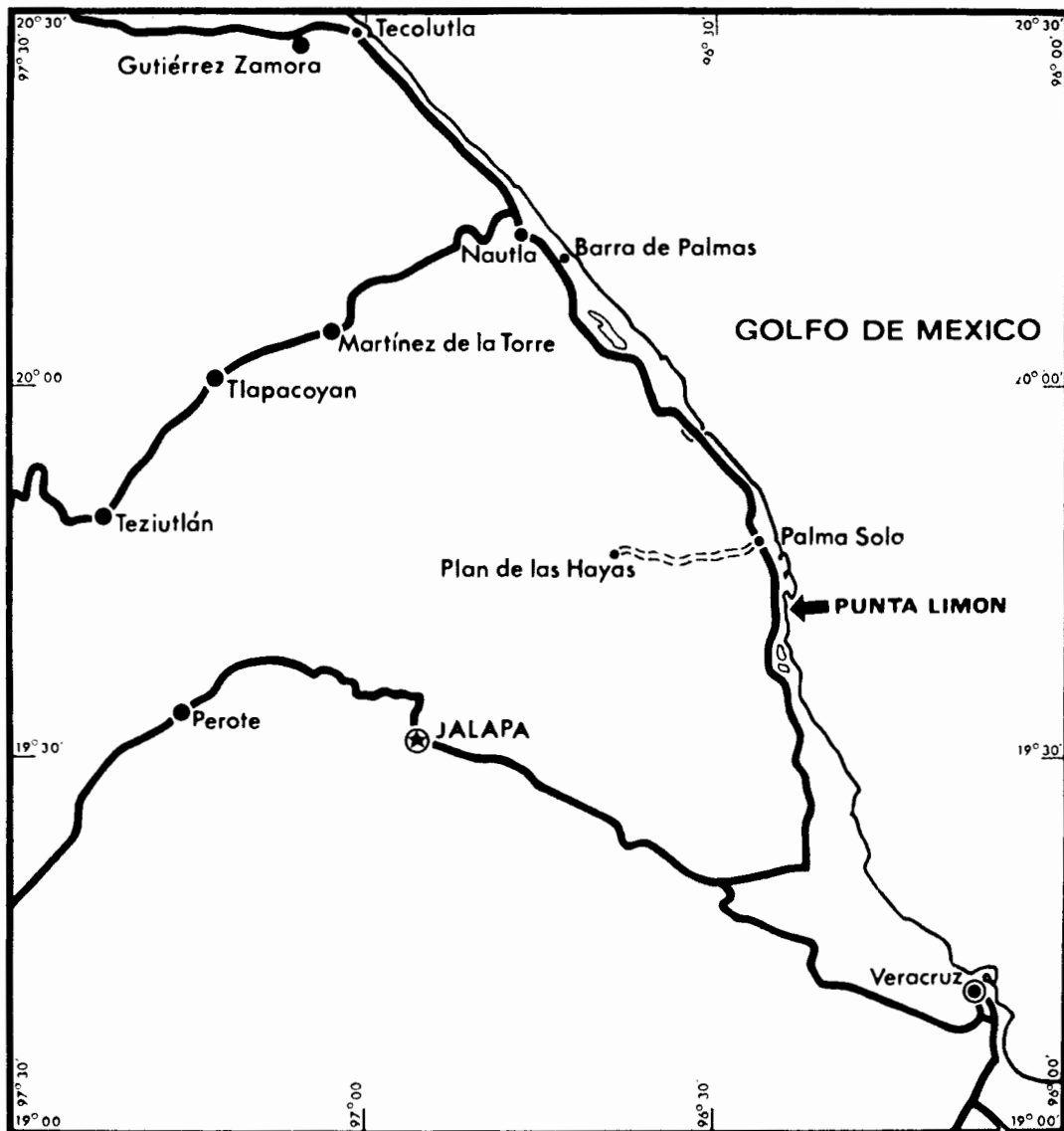
At the primary consumers level, the grassland presents the richest biomass of an the studied formations. To this biomass of arthropoda we must add a relatively high number of vertebrates and approximately one and a half cow per Ha. At the primary consumers and depredators level the average of individuals is higher and the taxonomic richness is also higher than in the pioneer vegetations.

At the saprobionts level, the differences between grassland and pioneer formations, specially the one developed on basalt, are extremely marked. The crab does not enter the grassland and there is no trophic relation of dependency on the sea. The saprobionts biomass is lesser, acquiring importance in the grassland two groups: Diplopoda and Blattaria.

If we exclude the crabs and we compare the biomass of the three formations, the grassland is more than two and a half times higher than the one of the pioneer communities.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- GÓMEZ-POMPA, ARTURO y COLABORADORES, 1972. Estudio preliminar de la vegetación y la flora en la región de Laguna Verde, Ver. 276 págs. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.



Mapa 1. Localización de Punta Limón, punto de referencia del Proyecto Ecológico de Laguna Verde.



Figura 2. Pastizal y selva baja subcaducifolia, al fondo Laguna Salada.



Figura 3. Pastizal con restos de selva baja subcaducifolia.

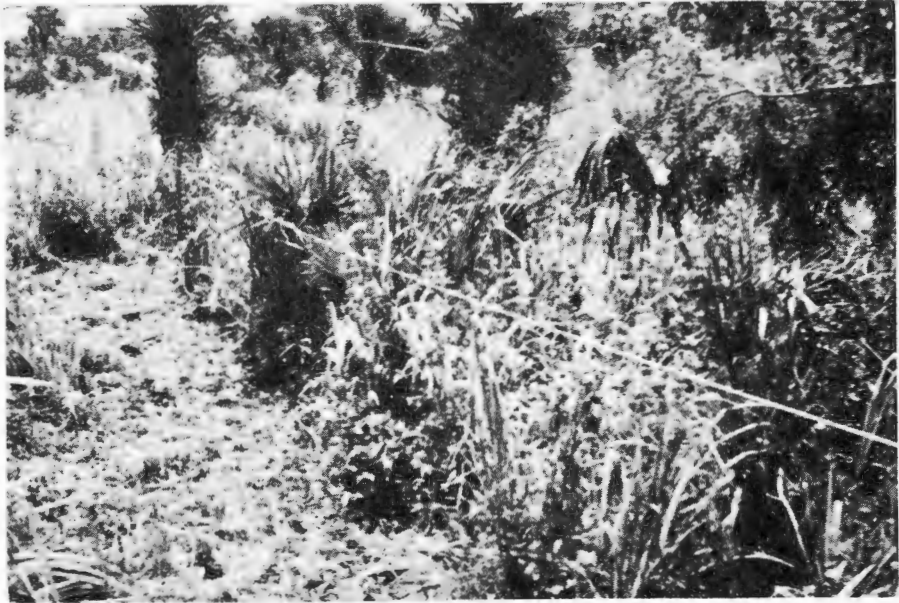


Figura 4. Demarcación de un cuadrante de 100 metros cuadrados para el muestreo cuantitativo de artrópodos.