



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE CIENCIAS, BIOLOGIA.

007
045
4188

ALGUNOS ASPECTOS DEL PATRON DEL MOVIMIENTO:
(REGRESO AL REFUGIO, AMBITO HOGAREÑO Y
ORIENTACION) DE LA LANGOSTA DEL CARIBE
Panulirus guttatus (LATREILLE).

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGIA
P R E S E N T A
GABRIEL CARRASCO ZANINI

MEXICO, D. F.

1985



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

| | |
|---------------------------------------|----|
| INTRODUCCION | 1 |
| ANTECEDENTES | 6 |
| DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO | 12 |
| OBJETIVOS | 19 |
| MATERIAL Y METODO | 21 |
| RESULTADOS | 35 |
| DISCUSION | 48 |
| CONCLUSIONES | 56 |
| ANEXO I | 58 |
| BIBLIOGRAFIA | 62 |

A G R A D E C I M I E N T O S

La realización de este trabajo fue posible gracias al apoyo de la estación de Puerto Morelos, Q.Roo, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (UNAM), a cargo del Dr. Eric Jordán D.

Este trabajo se incluye en el programa general de comportamiento de langostas, el cual a su vez es parte del programa general de biología y pesquería de langostas del laboratorio de ecología de langostas, de la estación Puerto Morelos del I.C.M. y L.

Mi especial agradecimiento a mi director de tesis M. en C. Enrique Lozano Alvarez, a su esposa M. en C. Patricia Briones Fourzan y al M. en C. Luis Gonzalez Gonzales, por los consejos asesoría y ayuda recibida, así como el apoyo brindado a lo largo de esta tesis.

Al personal de mantenimiento de la estación Puerto Morelos, José, Felipe, Manuel y Eutimio, les doy las gracias por su gran ayuda en la preparación del material logístico.

También agradezco especialmente al Biol. Jesús Arturo Serrano Lomelín, por su invaluable ayuda en el trabajo de campo y a las siguientes personas por su colaboración en el trabajo:

Pedag. Angeles Gadsden C.

Biol. David Gutierrez C.

M. en C. Martin Merino

Ing. Gerardo Ayala S.M.

Mi agradecimiento para la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico, por las facilidades prestadas en el área de cómputo.

A todas aquellas personas que colaboraron de alguna u otra forma, mil gracias.

RESUMEN

El regreso al refugio, el ámbito hogareño y la orientación que demuestra la langosta Panulirus guttatus al ser liberada, fueron investigados en experimentos de captura-recaptura en la zona arrecifal de "Punta Caracol", cercana a Puerto Morelos, Q. Roo. Asimismo se analizó la dinámica de ocupación de los refugios de tres macizos arrecifales, y las causas posibles por las que esta especie presenta patrones de movimiento local. Para cuantificar la orientación de esta langosta, se realizó el análisis de distribuciones circulares de primer orden, que determinó una dirección preferencial entre todas las liberaciones.

Para el regreso al refugio se capturaron 154 langostas en tres parches arrecifales, utilizando trampas californianas colocadas en lugares reconocibles. Las langostas marcadas fueron liberadas en cuatro diferentes direcciones a partir del sitio de captura: a la derecha (a los 200°) y a la izquierda (a los 20°) sobre el arrecife, hacia la laguna arrecifal (a los 310°) y hacia el arrecife frontal (a los 100°). En tres de las cuatro direcciones de 14 a 20 langostas fueron liberadas a distancias de 50, 100 y 200 m. de distancia de su lugar original. En el arrecife frontal 8 individuos fueron liberados a 200 m. desde su origen de captura. 29 langostas fueron recapturadas una sola vez, mientras 4 langostas fueron recapturadas 2 o 3 veces.

Con una sola excepción, las langostas fueron recapturadas en el mismo parche arrecifal en el que fueron originalmente capturadas. De hecho, la mayoría de las langostas fueron recapturadas en las mismas trampas, o en las trampas vecinas a aquellas en las que fueron capturadas por primera vez.

Para el estudio del ámbito hogareño, se capturaron 40 langostas en un parche arrecifal adyacente a los otros 3, utilizando trampas y una red colocada oblicuamente, cuya distancia al arrecife fué de 17 a 24 m. Estas langostas fueron marcadas y liberadas en el mismo lugar de su captura. El porcentaje de recaptura fué de 17.5 % y la mayor distancia de recaptura en la red fué a los 24 m.

El análisis direccional efectuado en otras 25 langostas, reveló una dirección preferencial de estas a 115.6° , que fue muy similar a la dirección del arrecife 110° . El oleaje fue el indicador hidrodinámico que más influencia tuvo.

La naturaleza residencial, el ámbito hogareño y el regreso al refugio de esta especie son discutidos, así como los factores que posiblemente influyeron en su adaptación evolutiva. Se comenta sobre el mecanismo de orientación que se observó en las langostas, in situ, empleando el buceo autónomo.

I N T R O D U C C I O N

Dentro de los estudios biológicos, la etología es una ciencia relativamente nueva, que ha tenido su mayor desarrollo en las últimas tres décadas y a la cual se le ha dado una gran importancia por las perspectivas que ofrece en el conocimiento del comportamiento de los organismos para múltiples aplicaciones. Las pesquerías en general han desarrollado sus técnicas de captura con base en las características morfológicas que los organismos presentan, teniendo que adaptarlas no solo a las condiciones del hábitat de éstos, sino primordialmente a los patrones conductuales característicos de cada especie.

Entre los recursos renovables con que cuenta México, se encuentran las langostas de la familia Palinuridae, que constituyen una fuente de ingresos considerable por su consumo nacional y mundial. Las langostas de esta familia, conocidas comunmente como langostas espinosas, se distribuyen en el mundo principalmente en aguas tropicales y subtropicales a lo largo de la plataforma continental. Según Gracia y Kensler (1980), "en México existen principalmente cinco especies de langostas espinosas; de éstas, cuatro se presentan en el Océano Pacífico (*Panulirus interruptus*, *P. inflatus*, *P. penicillatus* y *P.*

gracilis) y una en aguas del Golfo de México y Caribe (*P. argus*); para esta misma región se mencionan algunos especímenes de *P. laevicauda* y *P. guttatus*, pero su presencia no es muy común en esta área", (apud Solis, 1963).

Uno de los aspectos más interesantes dentro del comportamiento de las langostas son sus patrones de movimiento, mismos que difieren considerablemente entre especies simpátricas. Herrnkind, (1980) menciona para las langostas 3 tipos de patrones de movimiento: migraciones, nomadismo y regreso al refugio, y este último lo define como "las excursiones periódicas o diarias desde el refugio hacia algún área cercana con subsecuente regreso a ese refugio, u otros cercanos". Los movimientos de este tipo se limitan dentro de un radio más o menos determinado, conocido como "ámbito hogareño" ("home range"), que varía según la especie y que puede presentarse independientemente del regreso al refugio. Este patrón de movimiento parece ser parte de la actividad diaria y es una necesidad que está influenciada por factores externos e internos, (Fielder, 1965a, apud Herrnkind, 1980). Para que sea realizable, se requiere de un buen sentido de la orientación, así como de la discriminación adecuada de los estímulos del medio. En algunas especies de aguas someras, la orientación puede efectuarse aparentemente por indicadores de tipo hidrodinámico, como son las corrientes y el oleaje, gravitacionales como la inclinación del fondo, y topográficos por el reconocimiento de las

características espaciales (Herrnkind y McLean, 1971). Posiblemente todos estos mecanismos son utilizados dependiendo de las condiciones ambientales disponibles. Algunos autores como Marler y Hamilton (1966), Herrnkind (1972) y Keeton (1974) (apud, Herrnkind, 1980), reconocen que en muchos animales, los mecanismos para guiarse operan por medio de múltiples indicadores.

La langosta Panulirus guttatus, conocida también como "pinta", tiene una distribución geográfica en el Atlántico oeste y el Caribe que abarca desde Bahamas, Bermudas, Antillas, este de las penínsulas de Florida y Yucatán hasta Brasil en América del sur. (Sutcliffe, 1953; Caillouet et al, 1971). En México únicamente se localiza en la zona de arrecifes coralinos que corre paralela al estado de Quintana Roo en la península de Yucatán.

Los estudios de comportamiento en P. guttatus son muy escasos y están incluidos como complemento en estudios de aspectos reproductivos y algunos parámetros poblacionales. Tales trabajos son muy pocos y entre estos se encuentran los siguientes: Sutcliffe, (1953), Caillouet, et al, (1971), Chitty, (1973, 1978), Farrugio, (1975a, 1976), Marfin, (1978), y Buesa, (1979). Sin embargo, se tiene información de esta especie como un habitante del arrecife, típicamente no migratorio, que permanece en la vecindad de su ámbito arrecifal quizá por toda su vida bentónica (Herrnkind, , 1983). Observaciones recientes en

Bahamas, indican que esta langosta puede presentar ámbitos hogareños no mayores a los 30 mts. alrededor de su refugio (comunicación personal, Herrnkind, 1984), espacio en el que realizan excursiones para la búsqueda de alimento. También se han señalado algunos movimientos de la costa hacia mar abierto en la parte sur de su distribución en Brasil, (donde ocurre en cantidades comerciales), característica que no se presenta en su distribución al norte en Bahamas, Bermudas y Florida (Sutcliffe, 1953; Caillouet, et al, 1971). En la zona de la península de Yucatán no se conoce si P. guttatus presenta movimientos de regreso al refugio, cual es su ámbito hogareño y cuales son los posibles indicadores orientacionales que utiliza en ese momento.

Tomando en cuenta que P. guttatus es una especie que por lo general presenta patrones de movimiento "sedentarios", es de esperarse que la orientación que puedan tener estos organismos sobre su refugio y los alrededores a éste, sea bastante precisa como para encontrar un alto porcentaje de regresos al refugio, de modo que los mecanismos utilizados, tengan relación con los indicadores orientacionales observables.

La pesquería de esta especie en el Caribe mexicano no se encuentra implementada debido a que su abundancia y su tamaño es menor a la de P. argus. Sin embargo, la información presentada en este trabajo pretende contribuir para el futuro aprovechamiento de este recurso, para determinar en un momento dado el tipo y la amplitud de movimiento, que repercuten

directamente en la captura, y modifican la densidad de individuos de una zona.

Los efectos producidos por los patrones de movimiento restringidos en la ecología de esta especie son discutidos, así como los factores más importantes que afectan su orientación en el arrecife.

ANTECEDENTES

GENERALIDADES

CICLO DE VIDA:

A partir del apareamiento y posterior fecundación de los huevos, surge una larva planctónica conocida como filosoma, que "permanece flotando por un periodo de 6 a 11 meses según la especie, tiempo en el que pasa por 11 etapas de filosomas, (Johnson, 1956; Buesa, 1972), por medio de numerosas mudas en las que va desarrollando nuevas estructuras y aumentando de tamaño", (Gracia y Kensler, 1980). Las formas larvarias son arrastradas por las corrientes oceánicas que actúan como medio de dispersión y conforme su desarrollo alcanza las últimas etapas larvarias, pueden realizar ciertos movimientos natatorios para acercarse a la costa. Del último estadio larval, surge una forma transparente llamada puerulo semejante al adulto, el cual ya es capaz de desplazarse para establecerse en zonas costeras donde adquiere pigmentación. Posteriormente, "el estado juvenil permanece en el fondo, en una amplia variedad de sustratos

alrededor de 2 a 4 años (Pollock, 1973; Olsen et al, 1975).", (Gracia y Kensler, 1980). En este período va cambiando de refugios a profundidades cada vez mayores, hasta encontrar su hábitat preferente (oquedades, corales, rocas o fondos irregulares) y alcanzar el estado adulto. (Gracia y Kensler, 1980).

ALIMENTACION:

Las langostas espinosas son consideradas como omnívoras y en algunas ocasiones como carroñeras, aunque prefieren alimento fresco (Hindley, 1977). Existen preferencias alimenticias en las langostas y para P. argus predominan los moluscos (principalmente gasterópodos), crustaceos, equinodermos, pastos marinos y algas coralinas (Fernández, 1971, apud Phillips et al, 1980).

Debido al hábito nocturno de las langostas en general, la alimentación se realiza fundamentalmente durante la noche. Sin embargo, esta también se puede efectuar en el día en zonas muy protegidas. Observaciones de campo sugieren que Panulirus guttatus exhibe un período corto de alimentación a solo pocos metros de su conjunto de refugios (Sutcliffe, 1953; Caillouet, et al, 1971).

La búsqueda de alimento y la alimentación de P. argus y Jasus lalandei, presenta un pico de actividad, el cual en invierno es corto (1 a 2 hrs), y en verano se prolonga durante toda la noche. Generalmente la actividad comienza poco después

del atardecer y termina poco antes del amanecer, (Kanciruk y Herrnkind, 1973).

CRECIMIENTO:

El proceso de crecimiento en las langostas es un proceso continuo, que se va evidenciando por el cambio periódico del exoesqueleto o exuvia y por el incremento de tamaño y volumen corporal, conocido con el nombre de muda. La ecdisis o muda es un ciclo en el que se presentan varias etapas: premuda, muda, postmuda e intermuda. El paso de una etapa a otra esta controlado por secreciones hormonales que ademas de producir la ecdisis, influyen en el comportamiento de la langosta y en sus funciones vitales (alimentación, locomoción, reproducción, etc). Las langostas que se encuentran en estado de premuda, muda y postmuda, muestran un comportamiento retraido debido a su vulnerabilidad por la blandeza de su caparazón (Lipcius y Herrnkind, 1982). Una vez que la langosta mineraliza y endurece su exoesqueleto, las alteraciones en el comportamiento, alimetación y ritmos diarios vuelven a la normalidad.

Marfin (1978), menciona para P. guttatus 2 períodos de muda al año, uno a principio del año en Enero-Febrero y otro en Septiembre.

En las hembras ovígeras el ciclo es suspendido hasta que los huevos eclosionen (Phillips, et al 1980). Para Panulirus cygnus, Chittleborough (1975) señala que la perdida de pereopodos induce

a una muda prematura.

REPRODUCCION:

Uno de los factores que es necesario considerar, es el estado de madurez de las langostas, ya que el comportamiento a observar es propio del estado adulto.

Entre los trabajos que se han realizado al respecto, Chitty (1973) indica para P. guttatus, que las hembras adultas alcanzan la madurez sexual a los 39 mm. de longitud cefalotorácica. Otros autores, como Caillouet et al (1971), la señalan a 36 mm. de L.C. y para los machos a 40 mm. de L.C.

El mayor porcentaje de hembras ovígeras P. guttatus que se presentan durante el año, ocurren en 2 períodos; uno largo (el más importante), durante los meses de Marzo, Abril y Mayo y otro corto en Julio y Agosto. La reproducción se inicia aproximadamente a los 2 años de edad (Marfin, 1978).

EXPERIMENTOS RELACIONADOS CON: REGRESO AL REFUGIO, AMBITO HOGAREÑO Y ORIENTACION EN LANGOSTAS:

Existen al respecto varios experimentos y algunas

observaciones efectuadas en diferentes especies, que se tomaron en cuenta para la elaboración del presente trabajo. Entre ellos se encuentran los siguientes:

Creaser y Travis, (1950), obtienen evidencias del instinto del regreso al refugio en P. argus, con un 20 % de recapturas del total liberado. La distancia a la que fueron liberadas algunas langostas fué de 2 millas desde su origen de captura, y a una profundidad de 500 m.

Posteriormente, Herrnkind y McLean, (1971), confirman la habilidad de P. argus para realizar regresos al refugio, por medio de experimentos de desplazamientos utilizando el seguimiento por telemetría. De este estudio, 8 de 10 langostas fueron recapturadas desde distancias de 70 y 200 m. De las 10 langostas, 2 fueron cegadas y solo una de ellas regresó.

Tales experimentos no destruyen la habilidad de regreso al refugio y sugieren que la búsqueda de alimento, u otros contratiempos causados por depredadores o buzos no causan desorientación, (Herrnkind, 1980).

El estudio de captura-recaptura de Chittleborough (1974), mostró que los movimientos de juveniles de P. cygnus, están limitados a las dimensiones de los parches arrecifales en los cuales residen. La mayoría de las recapturas fueron a 20 m. o menos del lugar anterior de captura. Al respecto Caillouet et al 1971, opinan que P. guttatus en el sur de Florida, puede mostrar

patrones similares. Los resultados mostraron relativamente pocos retornos al refugio desde 400 y 800 m., sugiriendo que una distancia de 400 m. está más allá de la amplitud normal de movimiento y que a esta distancia las langostas no tienen referencias direccionales para regresar.

Walton y Herrnkind, en 1977, hicieron estudios de seguimiento con individuos de Panulirus argus, indicando que la orientación en estas langostas, decae en la ausencia de indicadores hidrodinámicos como oleaje y corrientes unidireccionales, confirmando en experimentos en estanque, que el oleaje o la oscilación horizontal del agua cerca del sustrato causada en aguas someras, puede servir como guía orientacional.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

El área de estudio comprende una porción de arrecife coralino, compuesta por laguna arrecifal, arrecife posterior, rompiente y arrecife frontal, que se sitúan enfrente de la zona costera conocida como "Punta Caracol", ubicada entre los $20^{\circ}53'$ y $20^{\circ}54'$ de latitud norte y los $86^{\circ}53'$ y $86^{\circ}54'15''$ de longitud oeste, cercano al poblado de Puerto Morelos en el estado de Quintana Roo, México (Fig. 1).

El arrecife coralino de esta zona y de todo el noreste de la península de Yucatán, ha sido estudiado en detalle por Jordán, (1979, 1980), tanto en su estructura como en las comunidades que lo cubren.

En lo general, esta fracción de la barrera arrecifal, que corre aproximadamente paralela a la costa a unos 500 m. de distancia y con una anchura que varía entre 20 y 100 m. es discontinua, presentando zonas a manera de canales en las que se interrumpe el macizo de corales escleractinios, encontrándose en su lugar extensiones de pedacería de coral erosionado, arena, pastos marinos, gorgonáceos, esponjas y alguno que otro coral aislado. Sin embargo, "en esta zona y en general desde punta Petempich hasta Puerto Morelos, (Fig. 1), la barrera arrecifal es

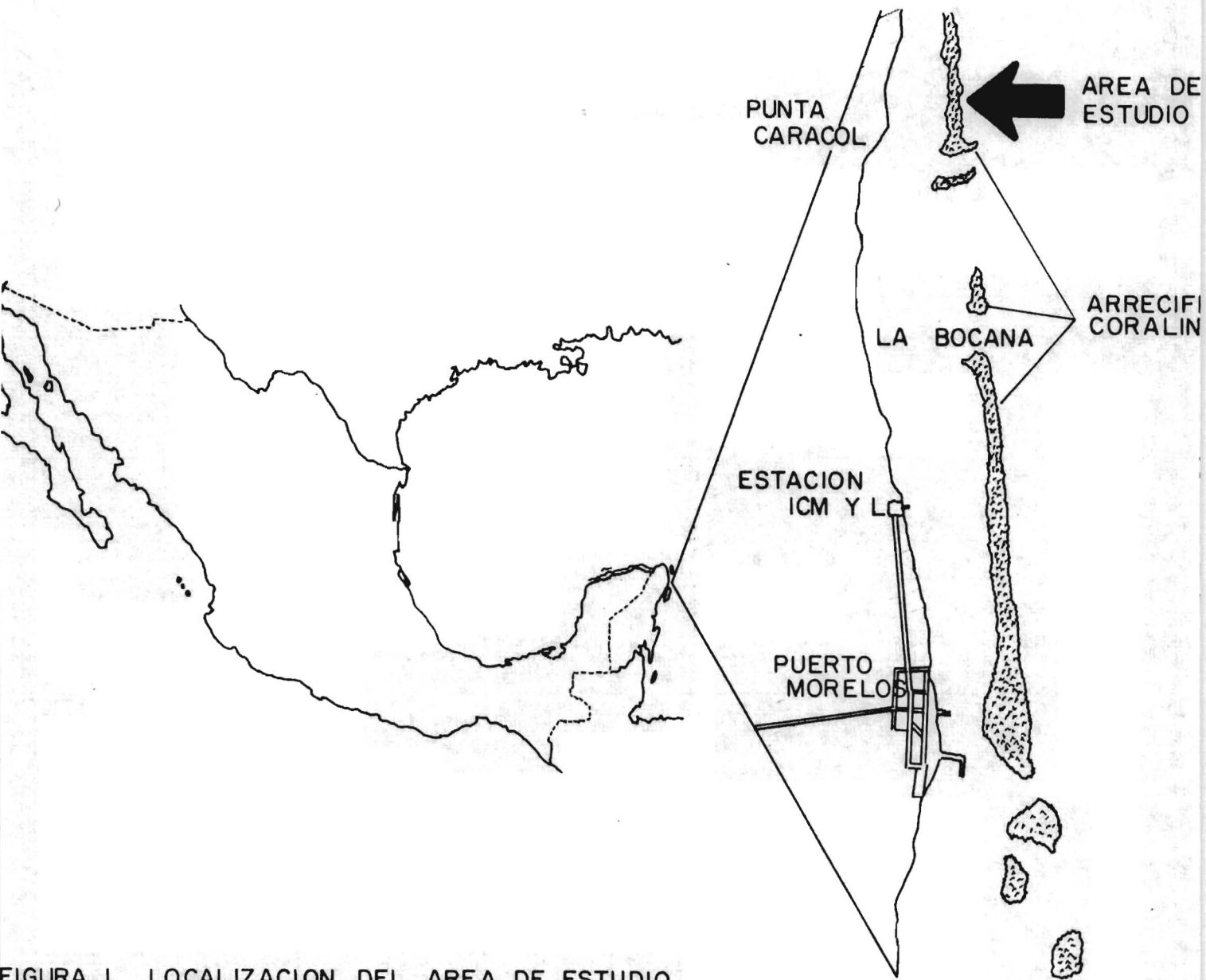


FIGURA 1. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.

la mas homogénea de toda la parte norte del estado de Q. Roo.",
(Jordán, 1979).

Los Macizos que forman la barrera arrecifal (que incluye arrecife posterior, rompiente y arrecife frontal) están constituidos principalmente por corales escleractinios, entre los cuales se encuentran los géneros: Acropora, Montastrea, Porites, Agaricia y Diploria, predominando entre estos la especie Acropora palmata (Jordán, 1981), que constituye en esta región la mayoría de los refugios de la langosta Panulirus guttatus. Además, como importante constructor arrecifal de esta parte, se encuentra el hidrocoral Millepora complanata conocido como coral de fuego.

La profundidad en esta zona varía entre 1.0 y 1.5 m., correspondiendo la menor profundidad al comienzo del arrecife frontal y la mayor al final del arrecife posterior; empero, la profundidad sobre las formaciones de A. palmata varía entre 30 y 50 cm. llegando a disminuir por la acción de las mareas. La poca profundidad ocasiona el rompimiento de la ola, produciendo una fuerte turbulencia en condiciones normales.

Por el lado del arrecife posterior y sobre todo en el arrecife frontal, algunos gorgonáceos, conocidos comunmente como abanicos de mar, crecen orientados perpendicularmente con su superficie más expuesta al oleaje predominante, el cual generalmente proviene del este o del sureste. Entre los gorgonáceos más importantes se encuentran los géneros: Gorgonia,

Plexaura, Eunicea y Lophogorgia (Jordán, 1980).

El fondo del arrecife frontal presenta una gran cantidad de grietas y pequeñas cuevas que la roca produce en sus formaciones, mismas que sirven de refugio a las langostas. La pendiente del fondo es aproximadamente de 1 a 2 grados, resultando una profundidad de 3.5 m. a 200 m. de distancia desde el último crecimiento de coral del macizo coralino.

Por el lado de la laguna arrecifal, que comprende desde la playa hasta el principio del arrecife posterior, el fondo marino presenta a partir del arrecife posterior una zona de pedacería de coral erosionado, arena, pastos marinos, gorgonáceos y corales aislados en la que el porcentaje mayor lo representa la pedacería de coral. Conforme se avanza hacia la playa, este porcentaje disminuye predominando la arena y los pastos marinos, entre los cuales domina la fanerógama marina Thalassia testudinum. Al mismo tiempo la profundidad se incrementa hasta 2.0 m. en las partes más profundas correspondiendo a la distancia media entre el arrecife posterior y la playa. La arena de esta zona presenta ondulaciones paralelas producidas por el oleaje, que se orientan de acuerdo al oleaje dominante. En algunos lugares, especialmente entre la mitad de la laguna arrecifal y el arrecife posterior, la roca subyacente aflora permitiendo la implantación de corales (Jordán, 1980), destacando el género Montastrea con formas cerebroides.

Las corrientes marinas superficiales, tanto por el lado de la laguna arrecifal como en el arrecife frontal, son débiles en general. Estas pueden ser producidas por varios factores ambientales (oleaje, vientos, mareas, etc), y dependiendo de la intensidad de alguno, la corriente adquiere la dirección de éste. En condiciones normales de oleaje y vientos normales, en la mitad de la laguna arrecifal, se registran intensidades hasta de 24 cms/seg o de medio nudo, que toman dirección norte o sur debido a la influencia que produce la saliente costera "Punta Caracol" (Fig. 1), siendo esta una de las formaciones costeras más cercanas a la barrera arrecifal. En condiciones de oleaje fuerte, en la zona de rompiente, la corriente puede alcanzar los 30 cm/seg o más de medio nudo en dirección a la playa. Con respecto al viento, generalmente proveniente del este o sureste, se producen corrientes dependientes de éste que pueden aunarse al oleaje y que son débiles en general. Sin embargo, en temporadas de nortes (Noviembre a Febrero), los vientos tienen mayor fuerza y producen corrientes con mayor intensidad en dirección al sur. Las mareas que actúan en la zona tienen muy poca influencia, produciendo corrientes muy débiles, por lo que se consideran como despreciables. (comunicación personal, M.Merino, 1985).

En esta zona no existen ríos, sin embargo en época de lluvias (verano) el agua del manglar que corre por detrás de la duna, asciende de nivel y sobrepasa las partes bajas de ésta saliendo al mar.

N ←

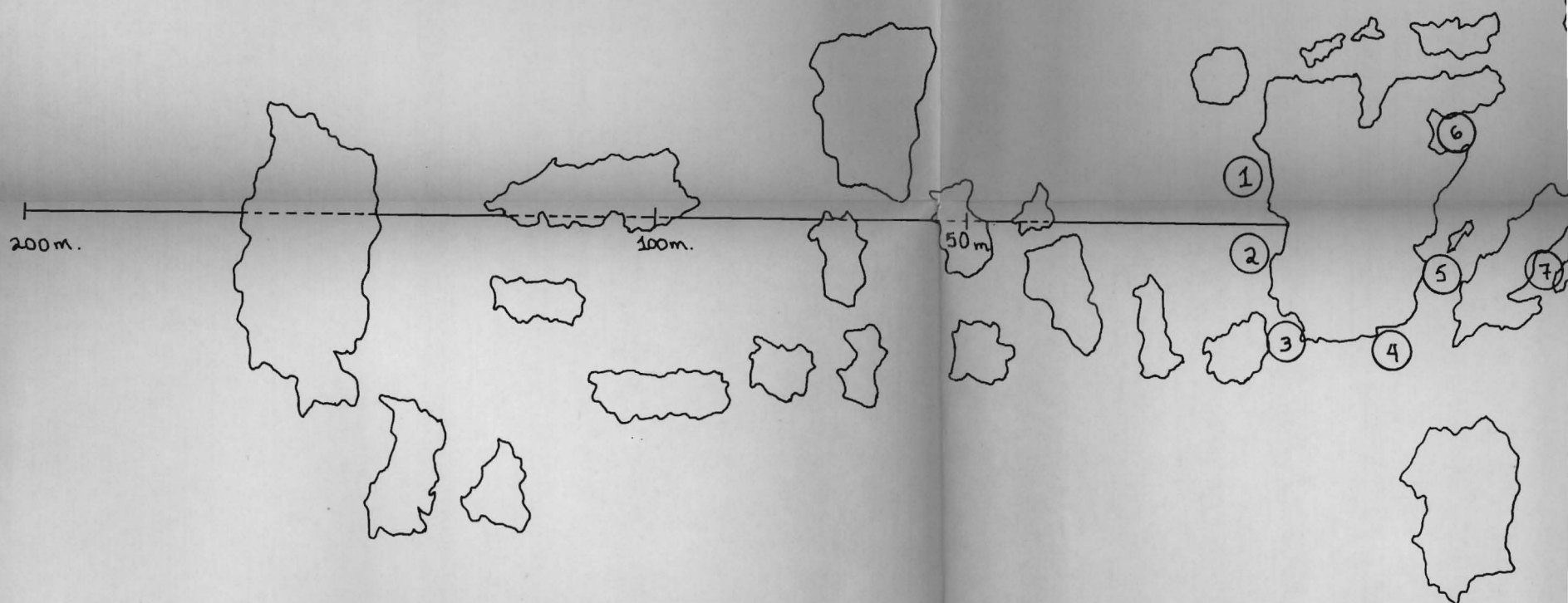
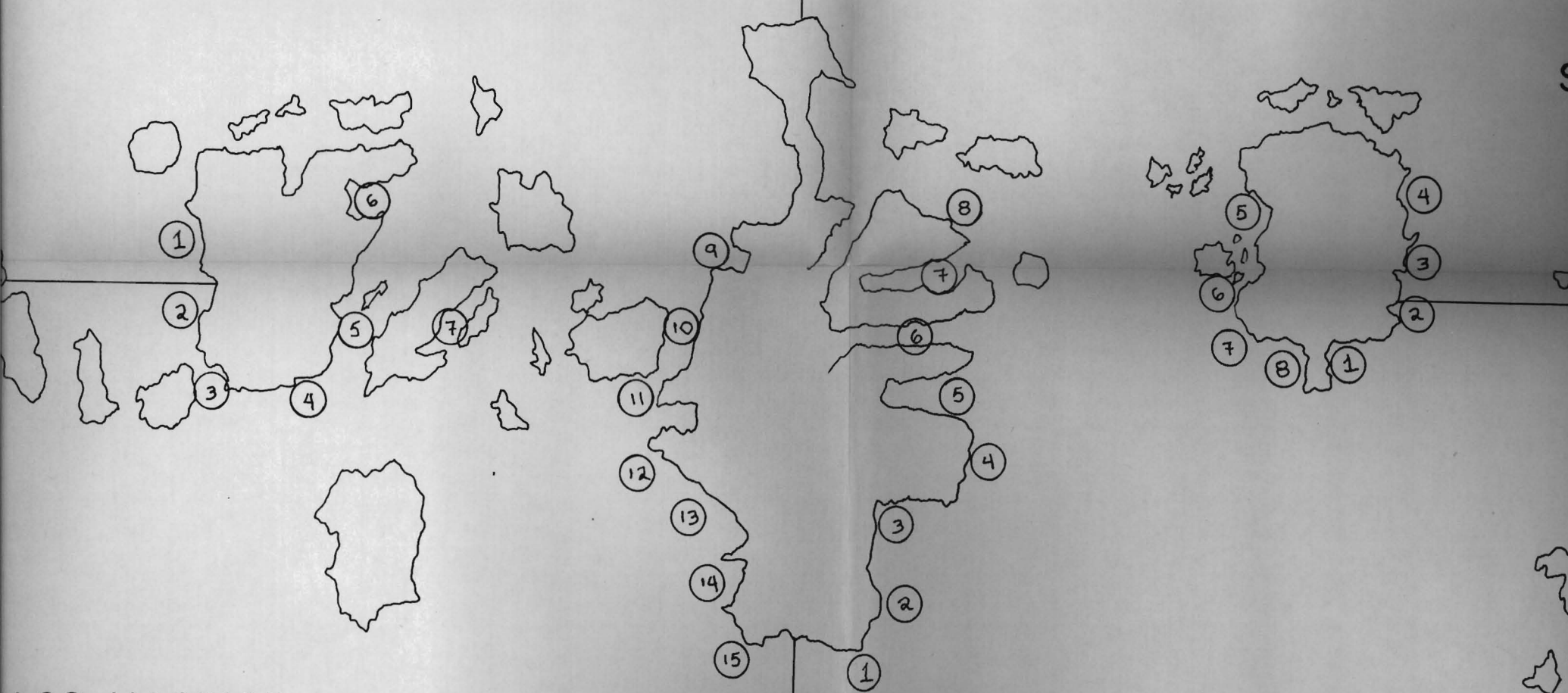


FIGURA 2 DISTRIBUCION DE LAS TRAMPAS EN LOS MACIZOS ARRECIFALES Y LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE LIBERACION A 50 , 100 Y 200 mts.

200 m.

N ←

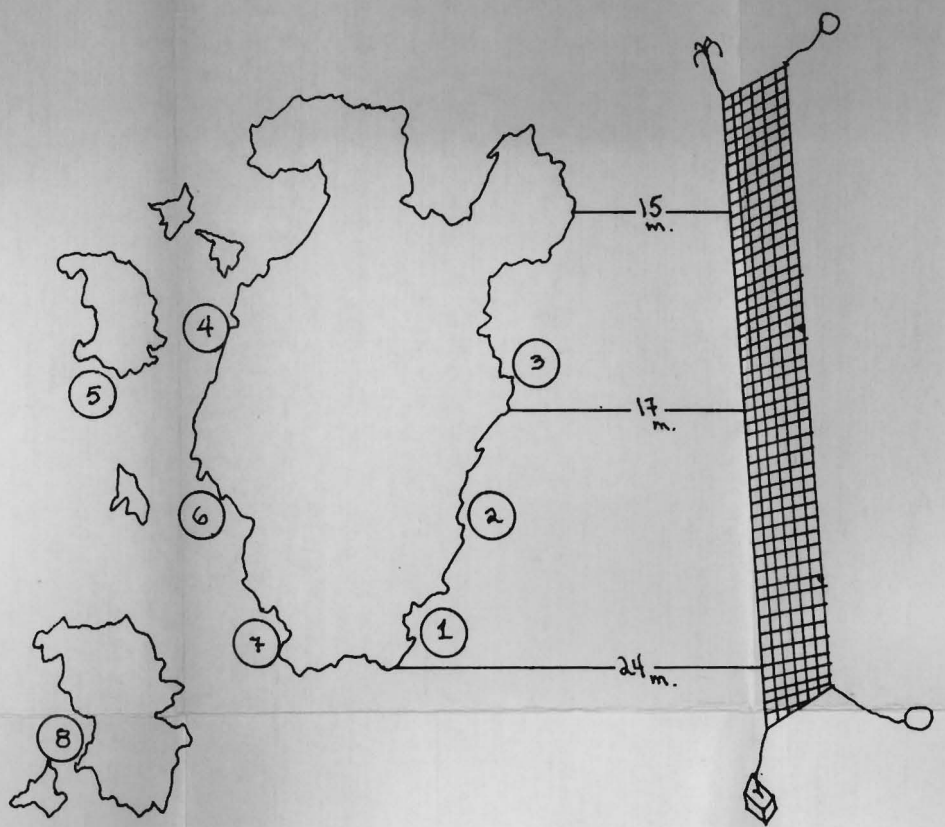


LOS MACIZOS
LAS ESTACIONES DE
ts.

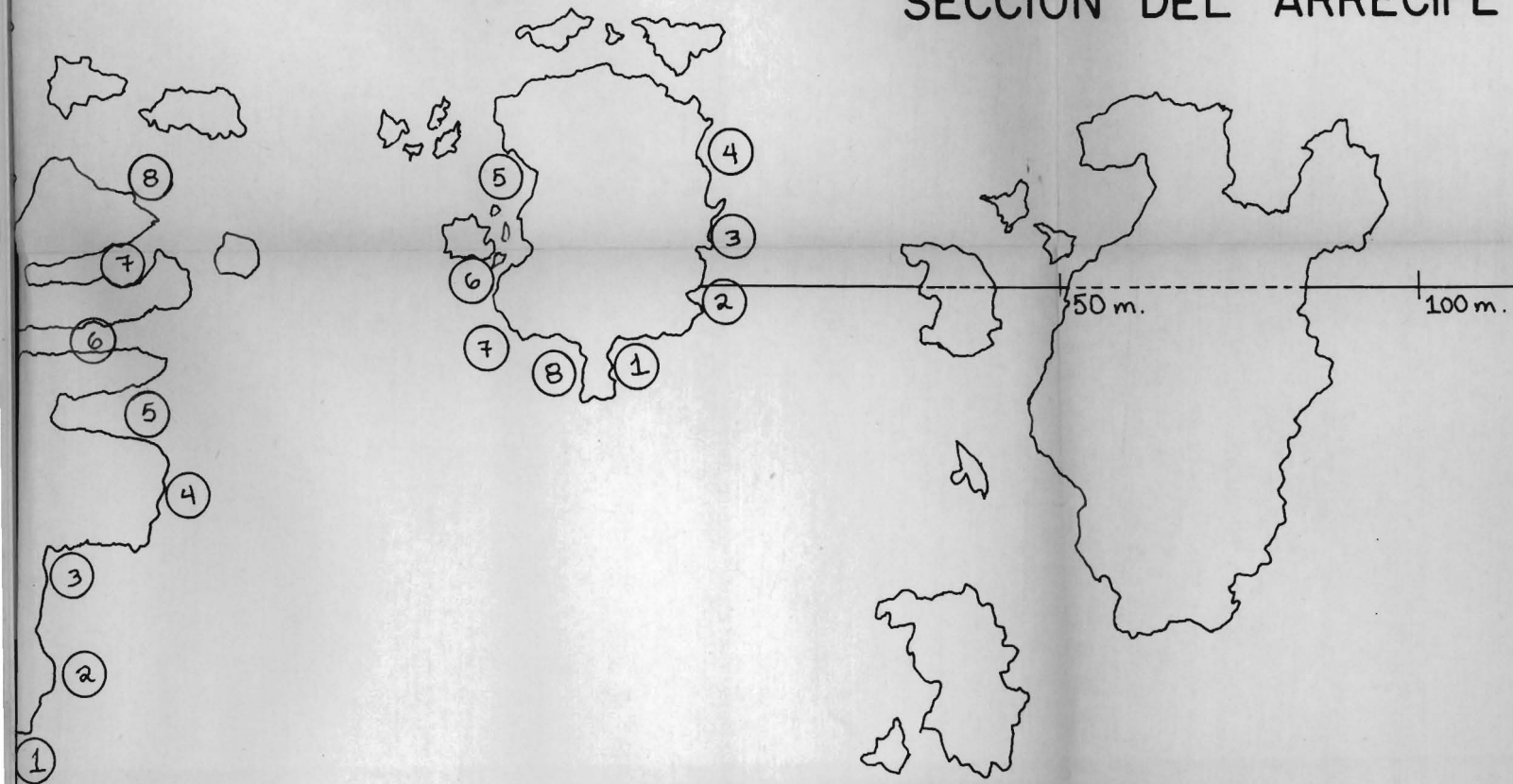
50 m.

100 m.

200 m.



SECCION DEL ARRECIFE PARA EL AMBITO HOGAREÑO



El clima de la región es cálido-húmedo (Aw1), según la clasificación de Köppen modificada por García, (1981), con un coeficiente de precipitación-temperatura entre 43.2 y 55.3. Sin embargo, el área se encuentra cercana a la zona de transición al clima Aw2 el cual es más húmedo, con un coeficiente de precipitación-temperatura mayor a 55.3.

La temperatura media mensual del agua varía entre 25.6°C en Enero (20.3°C en época de nortes) y 29.1°C en Agosto con un promedio anual de 27.5°C (Jordán, 1979).

OBJETIVOS

Por lo anteriormente descrito, se definen los siguientes objetivos:

1. Determinar la frecuencia de regreso al refugio en la langosta Panulirus guttatus, para la zona arrecifal de estudio en Puerto Morelos, Q Roo.
2. Obtener una aproximación del ámbito hogareño de esta especie en la zona de estudio.
3. Determinar en que concentración existe alguna dirección preferencial, en la orientación de las langostas liberadas de ésta especie.
4. Analizar la relación entre los indicadores hidrodinámicos (oleaje y corrientes), y la orientación de esta especie a tales indicadores.
5. Analizar la dinámica de ocupación de los refugios de una porción del arrecife, para la especie en cuestión.
6. Analizar el número de recapturas por período lunar.
7. Inferir las causas a las cuales se debe que la especie,

presente patrones de movimiento locales en esta zona.

MATERIAL Y METODO

Para el desarrollo de este trabajo, se capturaron 3 grupos de langostas, cada uno de los cuales sirvió para realizar respectivamente los experimentos de regreso al refugio, ámbito hogareño y orientación.

REGRESO AL REFUGIO

A partir de Octubre/82 a Abril/83 y fines de Julio/83, 154 langostas *P. guttatus* fueron capturadas en 3 parches arrecifales, utilizando 30 trampas de plástico de tipo californiano, distribuidas como se muestra en la figura 2. Para la captura de las langostas, se utilizó como carnada, cuero de res previamente remojado y en ocasiones pescados recién muertos; la duración del efecto de la carnada era aproximadamente de 7 días, tiempo en el que se sustituía por carnada fresca. Las trampas permanecían alrededor de 2 ó 3 semanas sumergidas en el agua y después se sacaban para limpieza y reacondicionamiento por 1 ó 2 semanas.

Con las langostas capturadas en un día de revisión de trampas, se efectuaba la siguiente rutina:

- Se procedía a sacar las langostas de las trampas, tratando de

evitar causar daño alguno, ya que el manejo rudo de las langostas induce a la autotomía de los pereiópodos o patas caminadoras.

- Las langostas se trasladaban a la lancha en bolsas de red en donde se registraba (en láminas de acetato) la siguiente información:

Fecha de captura, número de trampa de la captura, sexo, longitud cefalotorácica y longitud total (utilizando un vernier) fase sexual (con la escala de Briones et al., 1981), estado del caparazón (segun Lozano et al., 1982), observaciones sobre los apendices faltantes y el estado general.

- Posteriormente, las langostas fueron marcadas utilizando 2 tipos de marcas para asegurar su posterior identificación. La marca tipo spaghetti se colocó entre el cefalotorax y el abdomen; se insertó el ancla de ésta en cualquiera de los 2 paquetes musculares que corren longitudinalmente paralelos a la línea media, (figura 3). La otra marca consistía en hacer una serie de horadaciones en los uropodos del telson, utilizando el siguiente código:

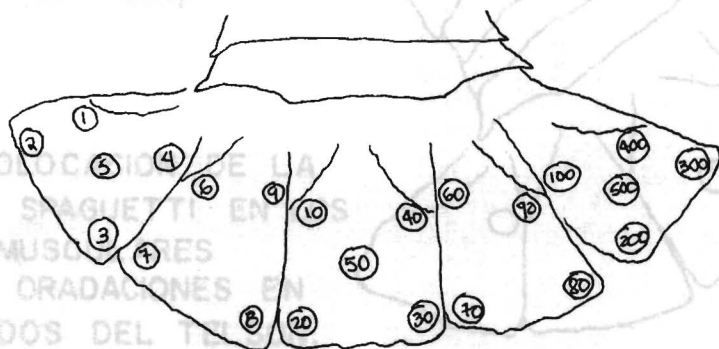


FIGURA 3

LUGAR DE COLOCACIÓN DE LA MARCA TIPO SPAGHETTI EN LOS PAQUETES MUSCULARES DORSALES Y HORADACIONES EN LOS UROPODOS DEL TELSON

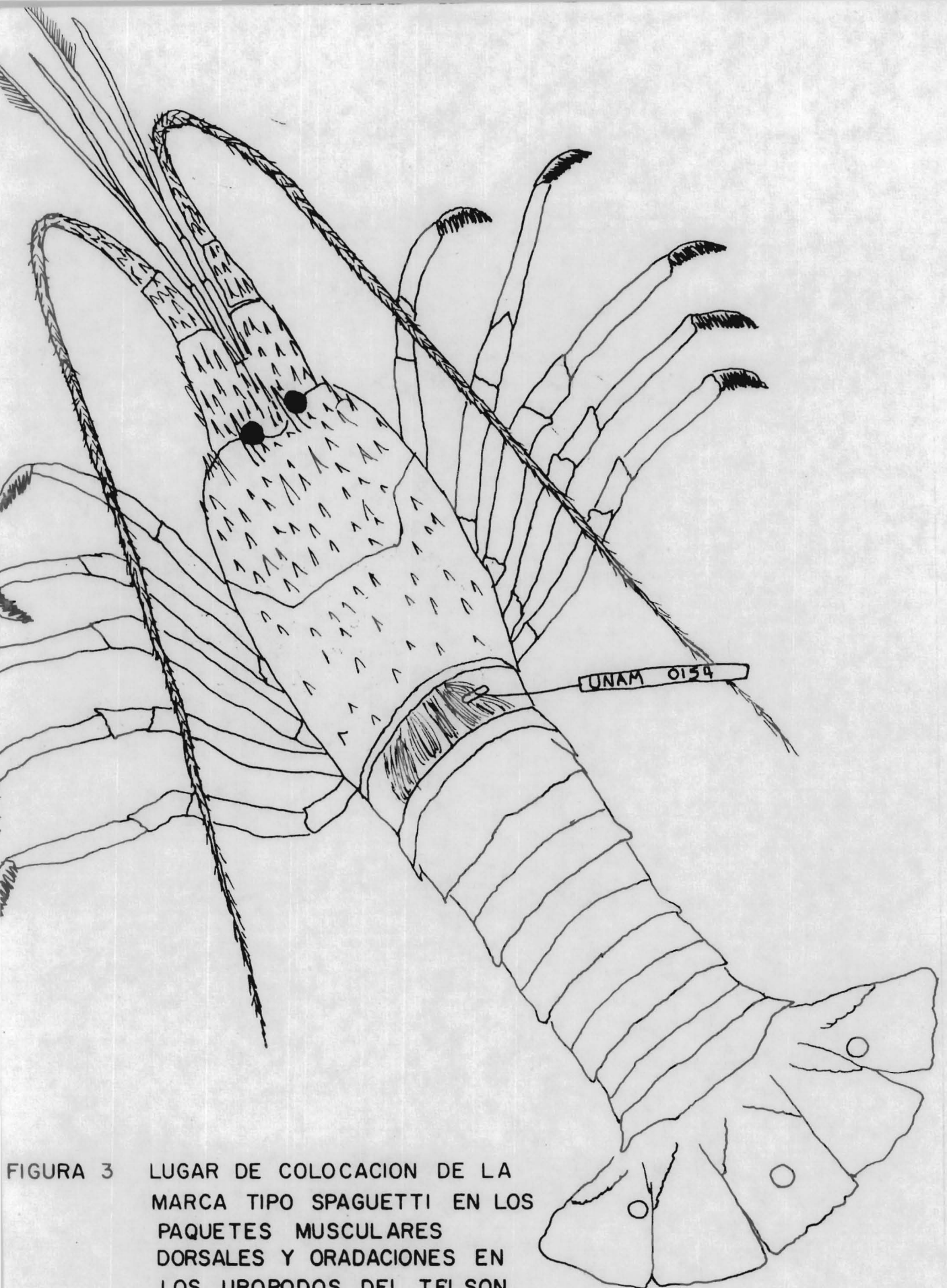


FIGURA 3 LUGAR DE COLOCACION DE LA MARCA TIPO SPAGUETTI EN LOS PAQUETES MUSCULARES DORSALES Y ORADACIONES EN LOS UROPODOS DEL TELSON.

De este modo la langosta # 154 quedó con 3 horadaciones, una correspondiente al número 100, otra al número 50 y otra al número 4, que debía coincidir con el número de la marca tipo spaghetti.

- Las langostas marcadas y registradas fueron trasladadas a la estación del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de Puerto Morelos, donde se confinaron de 5 a 9 langostas en trampas sumergidas en el mar, para su posterior liberación durante esa misma noche o a veces en los días siguiente. Durante este tiempo se les alimentó con pescado o erizos.
- Al día siguiente se realizaba la misma rutina, registrando las langostas recapturadas previamente liberadas.

La liberación de las langostas tuvo lugar en 4 direcciones desde los sitios de captura. A la izquierda (20°) y a la derecha (200°) sobre el arrecife, en la laguna arrecifal (310°) y en el arrecife frontal (100°).

De las 154 langostas capturadas, las liberaciones fueron como sigue:

| DIRECCION DE LIBERACION | # DE LANGOSTAS LIBERADAS POR DIRECCION | # DE LANGOSTAS LIBERADAS POR ESTACION |
|---------------------------------|--|---|
| En la laguna | 48 | 19 a 200 mts. |
| o | | 15 a 100 mts. |
| arrecifal a 310 | | 14 a 50 mts. |
| A la derecha | 48 | 19 a 200 mts. |
| en el | | 15 a 100 mts. |
| arrecife a 200 | | 14 a 50 mts. |
| A la izquierda | 50 | 20 a 200 mts. |
| en el | | 15 a 100 mts. |
| arrecife a 20 | | 15 a 50 mts. |
| En el arrecife frontal a 100 | 8 | 8 a 200 mts. |

Nota: Los ángulos referidos para las direcciones, no se encuentran equidistantes a 90° entre si, debido a que la elección de las direcciones fue arbitraria por la irregularidad del margen de la costa.

Las langostas de la laguna arrecifal fueron liberadas durante la noche, mientras que las de las otras 3 direcciones se liberaron de día por cuestión de seguridad en la cercanía del arrecife. Durante estos acontecimientos se observó el comportamiento de la langosta en adoptar una orientación determinada, y solamente de día, cuando había depredadores en las cercanías, se le dejaba en algún refugio a salvo de estos.

AMBITO HOGAREÑO (HOME RANGE)

Para este experimento, durante 15 días en Marzo y Abril de 1985, 40 langostas *P. guttatus* fueron capturadas en un parche arrecifal adyacente a los 3 anteriores (figura 2). Para tal propósito se utilizaron 8 trampas californianas y una red langostera de 50 mts. de longitud por 1 m. de alto, colocada oblicuamente al arrecife, de tal modo que la distancia de separación fluctuaba entre 15 y 24 mts (figura 2).

Estas langostas fueron marcadas y registradas del modo antes descrito, y liberadas el mismo día a un lado del lugar de captura en refugios del mismo arrecife.

Las distancias recorridas por las langostas recapturadas, se determinaron por el sitio original de captura, y el porcentaje de recaptura en base a la proporción de recapturas contra capturas.

ORIENTACION

En el mismo período de 1985, se capturaron adicionalmente 25 langostas *P. guttatus*, en la parte del arrecife conocida como "La Bocana" (Fig. 1), siendo utilizadas para determinar si existía alguna dirección preferencial en su orientación, al momento de ser liberadas tanto de noche como de día. Empleando el método de Walton y Herrnkind, (1977), se procedió de la siguiente manera:

En una amplia extensión arenosa, desprovista de *Thalassia* y otros corales o refugios, localizada en la laguna arrecifal (Fig.

1) y con una profundidad que variaba entre 3 y 5 m., se instaló un poste giratorio con un hilo de nylon de 30 m. de longitud, que por su extremo libre se sujetaba a la langosta a la altura del abdomen (Fig. 4). Posteriormente se liberaba la langosta desde la superficie del agua encima del poste, para que al momento de caer al fondo, comenzara a caminar en la dirección "deseada" sin la presencia de algún estímulo que causara alejamiento de éste. Posteriormente, habiendo caminado la langosta, se medía el ángulo observado al extenderse el hilo, por medio de una brújula submarina y utilizando equipo autónomo de buceo.

Al final de cada sesión, se tomaron mediciones de algunos parametros ambientales, registrando de ese modo las condiciones climáticas, hidrológicas y fisiográficas en las que se llevaba a cabo el experimento. Tales parámetros fueron los siguientes:

Temperatura, con un termómetro de cubeta en grados centígrados.

Profundidad, con un profundímetro sumergible.

Dirección del oleaje y viento, con una brújula.

Distancia de las ondulaciones de la arena o rizos, con una regla en cm.

Dirección de los rizos de la arena, con una brújula sumergible.

Intensidad de la corriente superficial, con un corrientómetro de superficie.

Dirección de la corriente superficial, con una brújula.

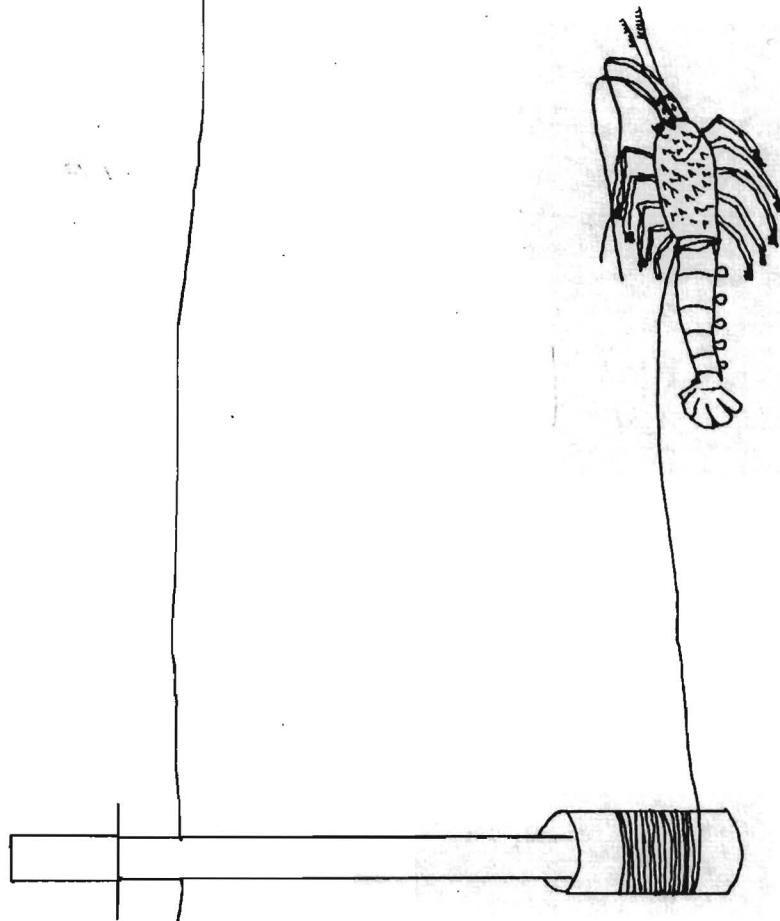


FIGURA 4 EXPERIMENTO DE ORIENTACION. SE SUJETO UN HILO DE NYLON DE 30m DE LONGITUD AL ABDOMEN DE LA LANGOSTA. AL ESTIRARSE EL HILO, SE REGISTRO EL ANGULO DE ESTE CON UNA BRUJULA SUBMARINA.

Estado del clima por apreciación del observador

Los datos obtenidos de los ángulos registrados se procesaron con el análisis de distribuciones circulares de primer orden y la prueba de Rayleigh, Batschelet, E., (1965), siendo descritos a continuación.

ANÁLISIS DE PRIMER ORDEN

Asumiendo que cada langosta es observada mientras se mueve en su medio natural, entonces n será el número de ángulos (A_i) observados con respecto a una dirección cero. Distribuyendo los ángulos en una circunferencia de radio r , se pueden obtener las coordenadas cartesianas de cada ángulo de la siguiente forma:

Siendo P un punto con coordenadas polares r y A_i (Fig. 5), entonces sus coordenadas cartesianas están dadas por el coseno y el seno del ángulo, definidas así:

$$r (\text{COS } A_i) = x \text{ ----- (1)}$$

$$r (\text{SEN } A_i) = y \text{ ----- (2)}$$

De esta forma la componente media "x" y "y" de todos los ángulos esta dada por:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \text{COS } A_i}{N} = X$$

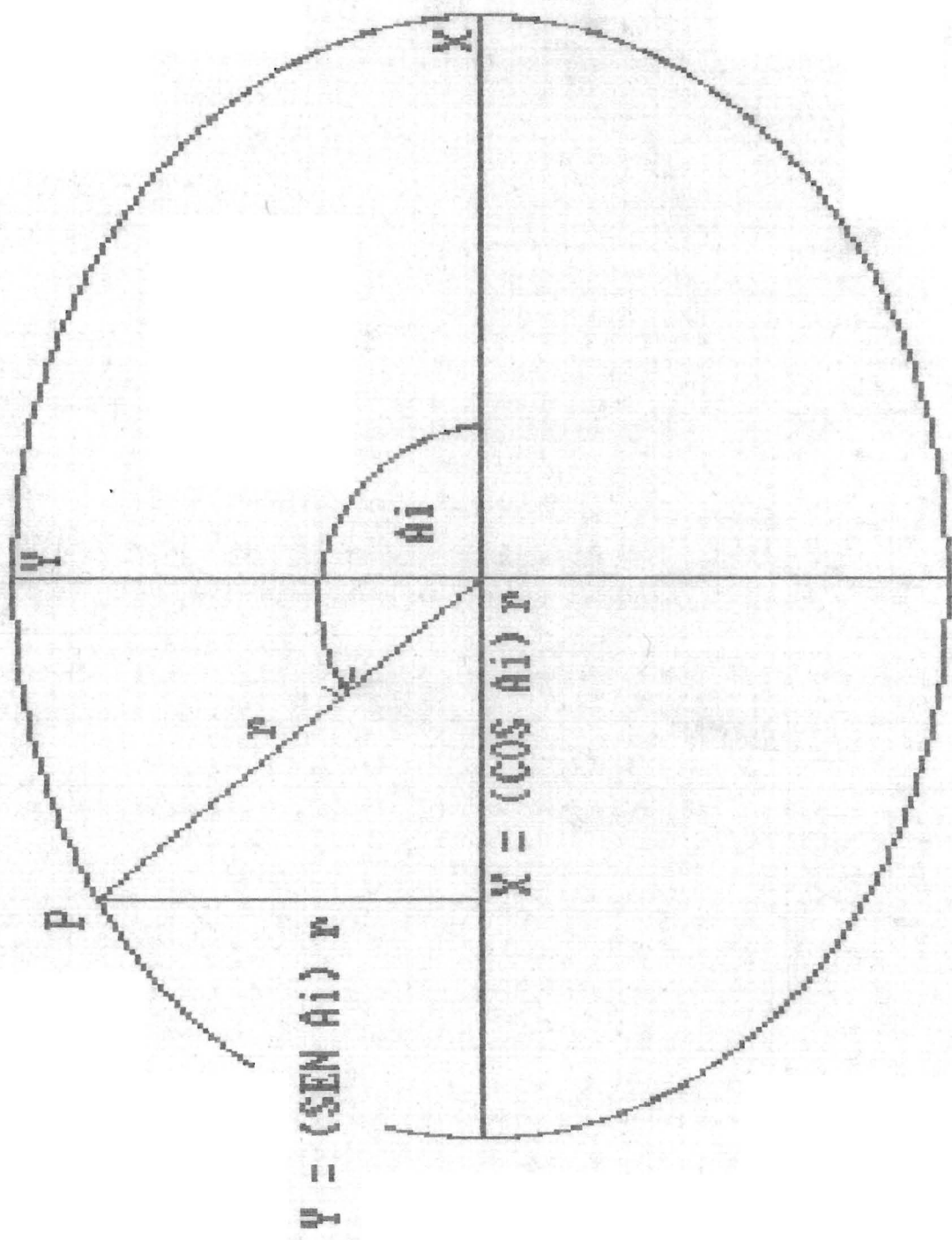


FIGURA 5. COORDENADAS POLARES Y CARTESIANAS DEL PUNTO P

$$\frac{\sum_{i=1}^n \text{SEN } A_i}{N} = Y$$

Transformado la componente media "X" y la componente media "Y" a coordenadas polares, utilizando el teorema de Pitágoras se tiene que:

$$R = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

y despejando de la ecuación (1) y (2) el coseno y el seno del ángulo, se tiene que para todo radio diferente de cero:

$$\text{COS } A_i = \frac{X}{R}$$

$$\text{SEN } A_i = \frac{Y}{R}$$

Donde COS A_i y SEN A_i representan el mismo ángulo.

Conociendo R y el ángulo de R obtenemos un vector medio conocido como media angular, donde R indica la magnitud de éste con una variación entre 0 y 1, y el ángulo su dirección.

Para obtener la desviación angular, es decir la dispersión de los ángulos registrados, se calculó la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{2(1-R)}$$

Donde:

S es la desviación angular.

R es la magnitud del vector medio.

El cálculo de este análisis lo desarrolla el programa del anexo 1.

PRUEBA DE RAYLEIGH

La prueba de Rayleigh es una prueba estadística de aleatoriedad, y esta diseñada para determinar si la distribución de una población en el espacio es uniforme o unimodal.

Esta prueba trabaja con la hipótesis nula de una distribución uniforme, y define al estadístico Z como sigue:

$$Z = \frac{R^2}{N}$$

Donde:

R es la magnitud del vector medio.

N es el número de ángulos observados.

De este modo, comparando los valores teóricos de Zp con los

valores calculados de Z , a un nivel de significancia, obtenemos que si $Z > Z_p$ se rechaza la hipótesis nula, se dice que la distribución es concentrada, existiendo una dirección preferencial con un nivel de significancia.

RESULTADOS

REGRESO AL REFUGIO

De las 154 langostas (104 machos y 50 hembras), marcadas y liberadas durante 25 sesiones, tanto de día como de noche, 33 langostas (21.4 %, 23 machos y 10 hembras) fueron recapturadas, incluyendo las langostas dos o tres veces recapturadas. La estructura de tallas de la población capturada y recapturada es bastante similar (Fig. 6), excepto en la clase 55 - 60 mm. de longitud cefalotorácica, en la que siendo la clase con más capturas, sus recapturas no fueron proporcionales a las demás clases. La talla promedio del total capturado es de 63.72 cm. de L.C.

La proporción sexual de estas langostas es de 2.1 : 1.0, machos por hembra, mientras que la del total recapturado es de 2.3 : 1.0 machos por hembra.

De las 10 hembras recapturadas, varias fueron capturadas inicialmente como hembras ovígeras y otras como hembras no ovígeras. Al ser recapturadas, cambiaron su fase sexual (presencia o desarrollo de los huevos). La tabla 1 muestra el cambio de estas langostas.

DISTRIBUCION DE TALLAS DE CAPTURAS Y RECAPTURAS
(REGRESO AL REFUGIO)

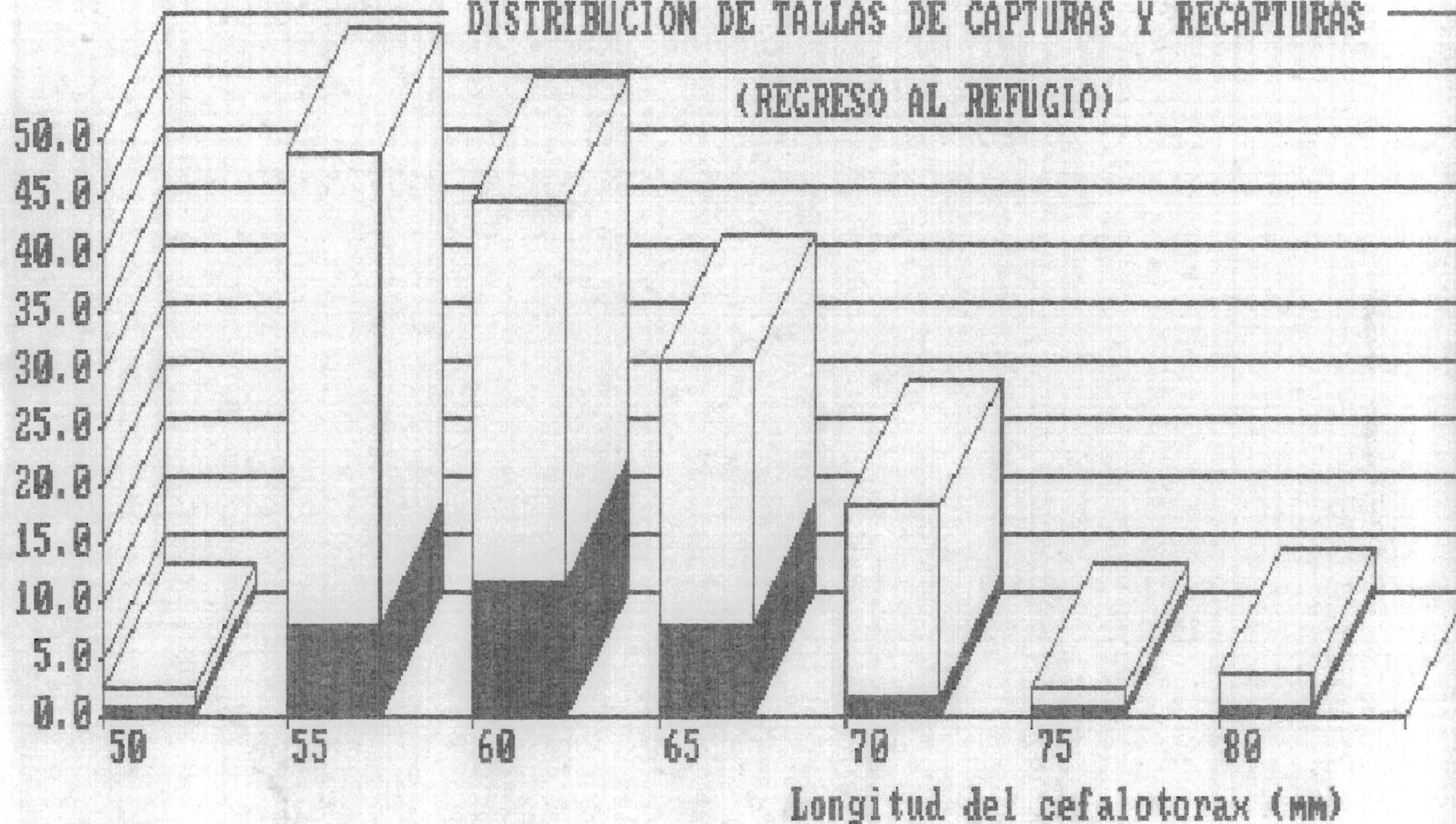


FIGURA 6. Distribucion de tallas (Regreso al refugio)
 ■ Langostas recapturadas □ Langostas capturadas

Nota: refierase a la escala de la fase sexual en el cuadro inferior a esta tabla.

| # DE HEMBRA | FASE SEXUAL AL CAPTURARLA | LAPSO DE UNA FASE A OTRA EN DIAS | FASE SEXUAL AL RECAPTURARLA |
|-------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 3 | 103 | 5 |
| 2 | 6 | 47 | 3 |
| 3 | 3 | 243 | 3 |
| 4 | 3 | 45 | 6 |
| 5 | 6 | 189 | 5 |
| 6 | 4 | 23 | 6 |
| 7 | 5 | 30 | 4 |
| 8 | 3 | 41 | 6 |
| 9 | 3 | 48 | 6 |
| 10 | 6 | 31 | 6 |

TABLA 1: Fase sexual de las hembras capturadas y recapturadas indicando el lapso de días transcurridos.

ESCALA DE LA FASE SEXUAL (Briones et al, 1981)

- 1 -- Sin huevos y sin espermatóforo.
- 2 -- Sin huevos y con espermatóforo.
- 3 -- Con huevos color naranja brillante.
- 4 -- Con huevos color naranja obscuro.
- 5 -- Con huevos con los ojos distinguibles.
- 6 -- Con restos de huevos o espermatóforo.

Durante los 4 períodos lunares se obtuvieron recapturas de la siguiente forma:

- 10 langostas en luna nueva.
- 3 langostas en cuarto creciente.
- 5 langostas en luna llena.
- 6 langostas en cuarto menguante.

El resto de las recapturas fueron en períodos intermedios entre las fases lunares como sigue:

- 6 langostas entre cuarto creciente y luna llena.
- 2 langostas entre cuarto menguante y luna nueva.
- 1 langosta entre luna nueva y cuarto creciente.

Estos resultados se resumen en la figura 7.

Las recapturas fueron obtenidas desde los 4 rumbos de liberación y a excepción de la estación 200 mts. del lado derecho en el arrecife (Fig. 8), todas las demás estaciones tuvieron recapturas. La tabla 2 muestra el número de langostas y los porcentajes recapturados por estación y por rumbo de liberación.

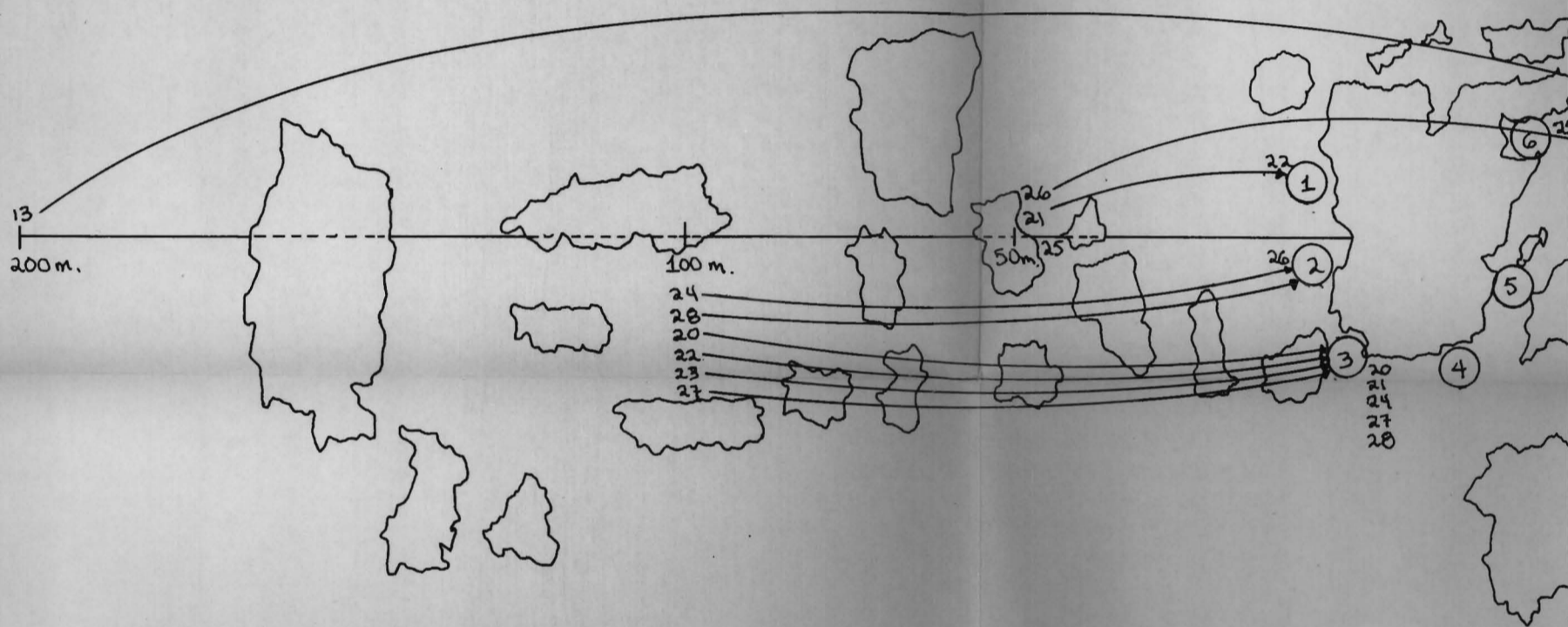


FIGURA 8 RECAPTURAS OBTENIDAS DE LAS LANGOSTAS LIBERADAS.

TRAMPA 3

LANGOSTA 2 CAPTURADA EN ESA TRAMPA.

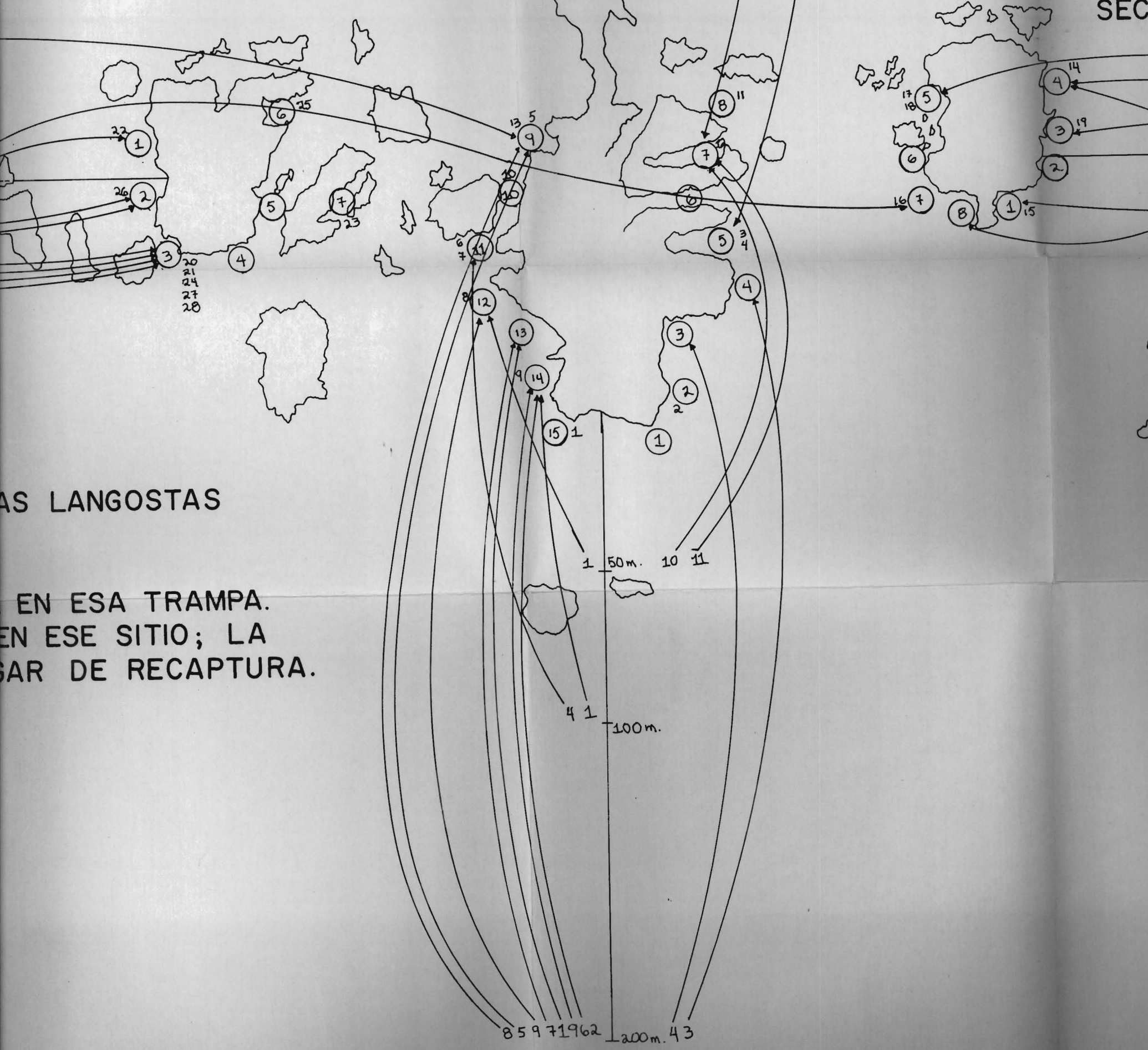
LANGOSTA 2 LIBERADA EN ESE SITIO; LA

FLECHA INDICA EL LUGAR DE RECAPTURA.

200m. 11 12

N ←

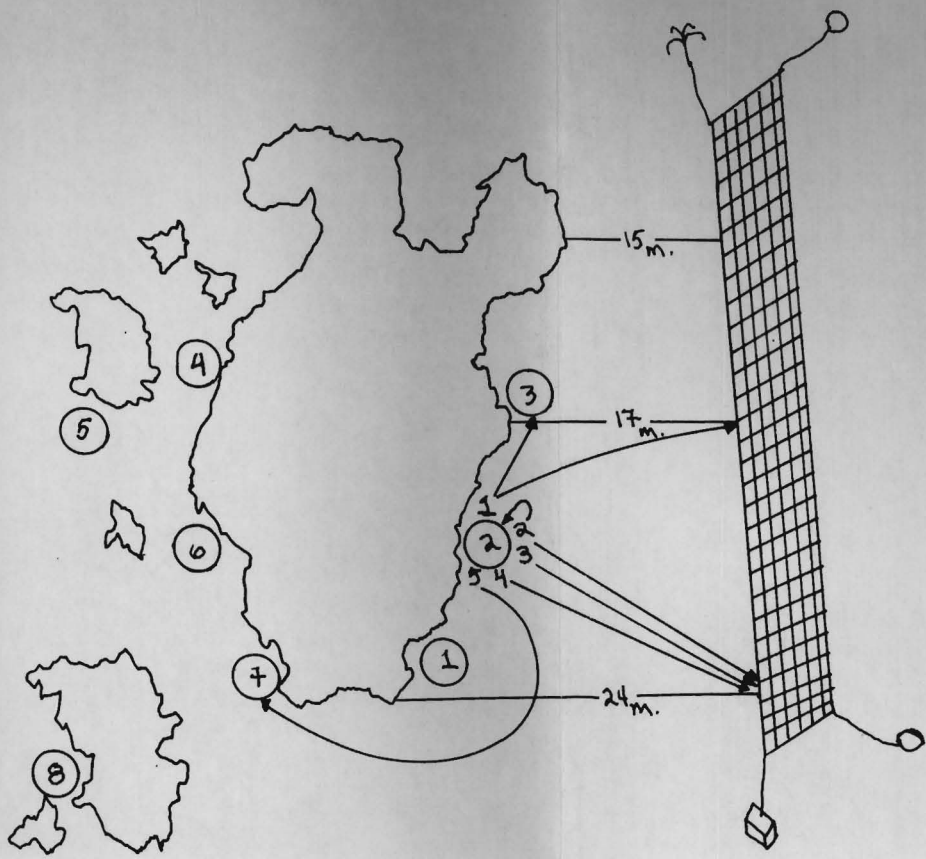
SECO



AS LANGOSTAS

EN ESA TRAMPA.
EN ESE SITIO; LA
GAR DE RECAPTURA.

8 5 9 7 1 9 6 2 200m. 4 3



SECCION DEL ARRECIFE PARA EL AMBITO HOGAREÑO

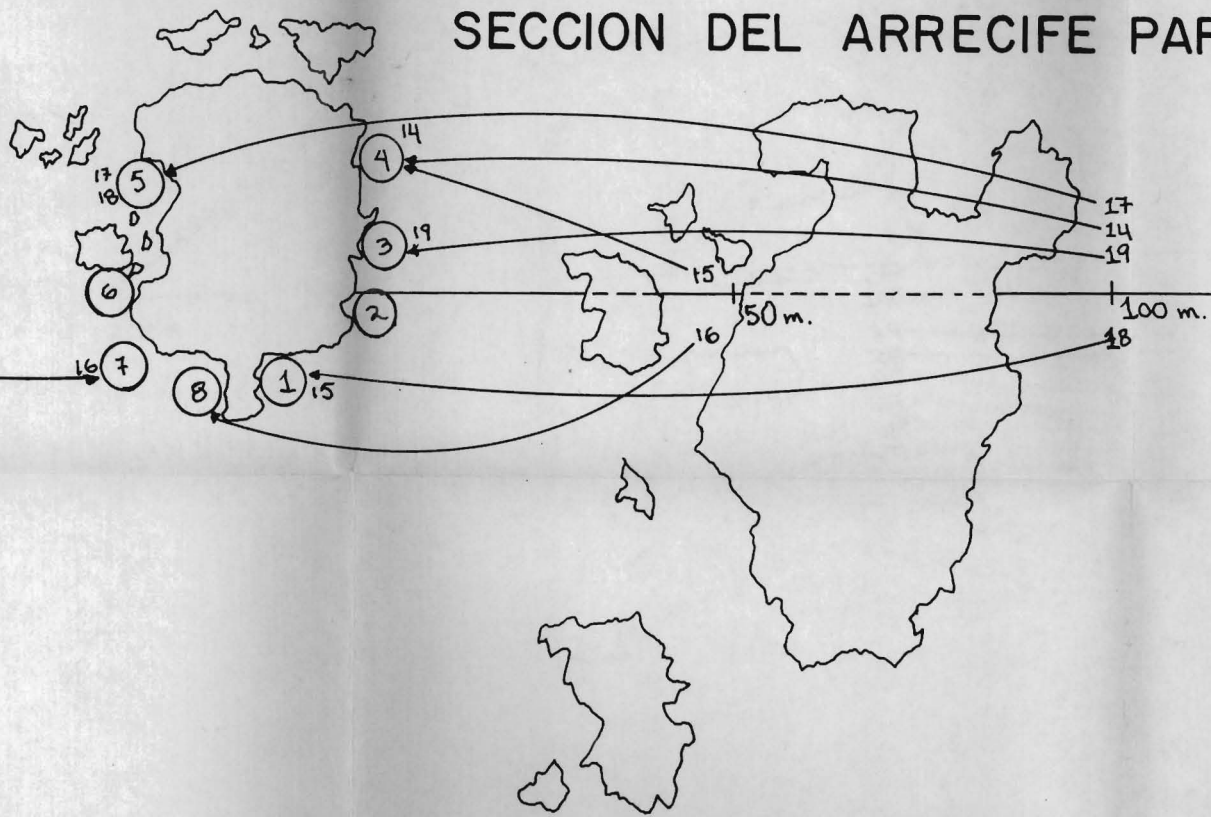


FIGURA 8
 RECAPTURAS
 LIBERADAS
 FLECHA INDIC EL

DISTRIBUCION DE RECAPTURAS POR PERIODO LUNAR

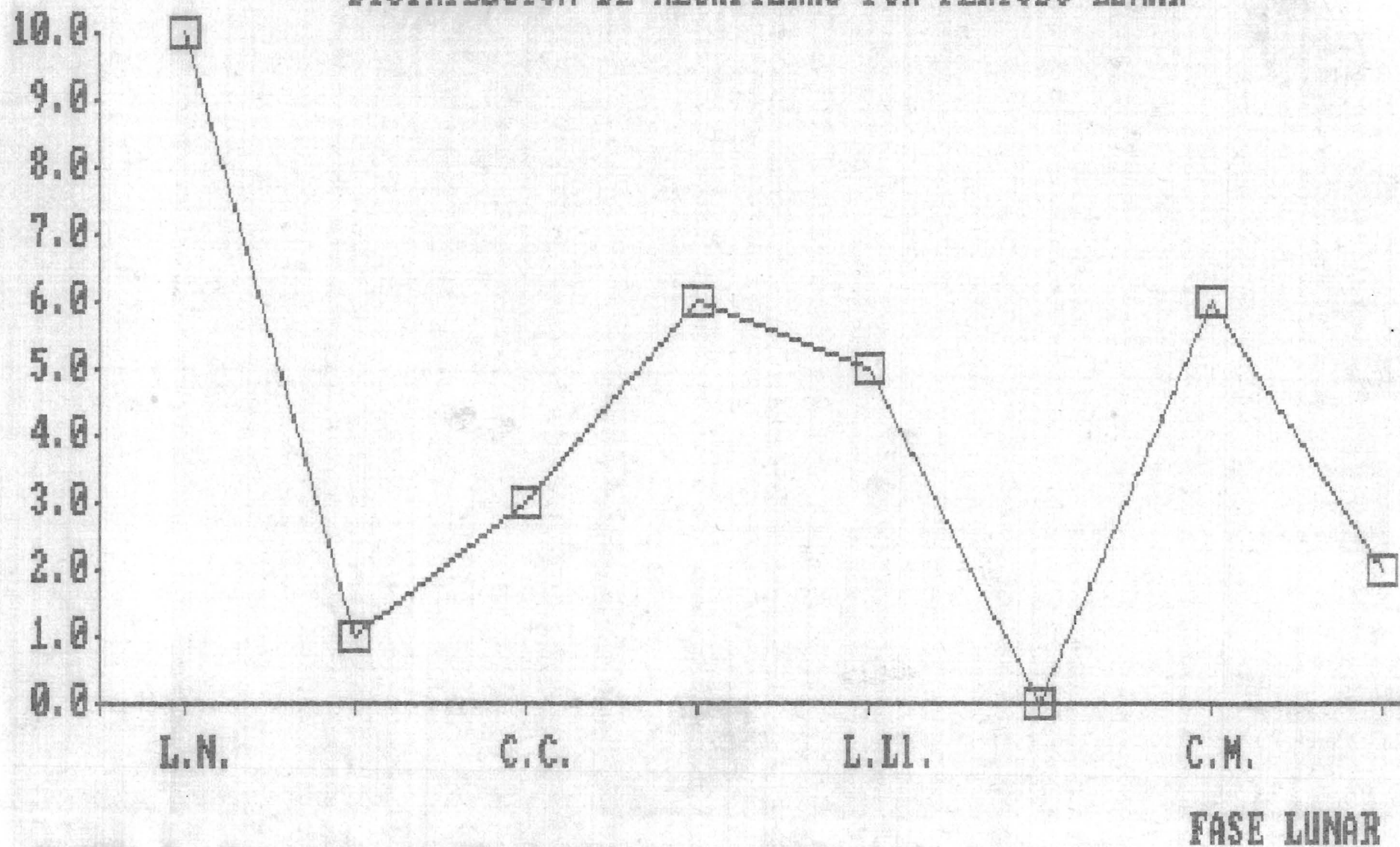


FIGURA 7. Distribucion de recapturas por periodo lunar para las langostas del estudio de regreso al refugio.

| ESTACION | # DE LANGOS- TAS LIBERADAS POR ESTACION | # DE LANGOS- TAS RECAPTURAS P/ESTACION | % DE RECAPTURA POR ESTACION | % DE RECAPTU- RA POR RUMBO |
|-----------|---|--|-----------------------------------|----------------------------------|
| 310 200m. | 19 | 10 | 52.63 | |
| 310 100m. | 15 | 2 | 13.33 | 31.25 |
| 310 50 m. | 14 | 3 | 21.42 | |
| 200 200m. | 19 | 0 | 0.0 | |
| 200 100m. | 15 | 4 | 26.66 | 12.50 |
| 200 50 m. | 14 | 2 | 14.28 | |
| 20 200m. | 20 | 1 | 5.00 | |
| 20 100m. | 15 | 6 | 40.00 | 20.00 |
| 20 50 m. | 15 | 3 | 20.00 | |
| 100 200m. | 8 | 2 | 25.00 | 25.00 |

TABLA 2: Número y porcentaje de langostas recapturadas por estación y por rumbo de liberación.

Como puede apreciarse en la figura 8, las recapturas fueron en su mayoría muy cercanas al sitio original de captura o en el mismo lugar. La tabla 3 muestra la distancia en trampas a la que fueron recapturadas las langostas desde su origen de captura.

| # DE LANGOSTAS RECAPTURADAS | DISTANCIA EN TRAMPAS |
|--------------------------------|-------------------------|
| 8 | En la misma trampa |
| 8 | A 1 trampa |
| 9 | A 2 trampas |
| 5 | A 3 trampas |
| 1 | A 4 trampas |
| 1 | A 6 trampas |
| 1 | En otro macizo coralino |

TABLA 3: Número de langostas recapturadas tomando en cuenta la distancia en "trampas", desde su origen de captura.

Con las trampas utilizadas se registró una captura diferente entre estas. Para el parche arrecifal del centro, la trampa número 9 (Fig. 8) capturo 17 langostas y el resto de las trampas entre 0 y 6 langostas. Para el parche arrecifal izquierdo, las trampas número 5 y 6 capturaron 14 y 16 langostas respectivamente, y el resto entre 1 y 6 langostas. Por último, en el parche arrecifal derecho, las trampas capturaron entre 2 y 8 langostas, y la trampa 3 fue la que obtuvo más recapturas.

En la figura 8 también se puede observar que a excepción de la langosta # 7, las demás fueron recapturadas en el mismo macizo arrecifal al que fueron originalmente capturadas, es decir, con una excepción, no hubo movimientos de un macizo arrecifal a otro, sin tomar en cuenta los posible movimientos efectuados antes de

las recapturas.

De las langostas liberadas sobre el arrecife a 200 mts., tanto a la izquierda como a la derecha, se obtuvo unicamente una recaptura del lado izquierdo (Fig. 8, langosta # 13), misma que fue recapturada en su origen de captura.

El lapso en días entre el momento de la liberación y la recaptura de las langostas fue de 2 a 243 días, siendo el promedio de 57.7 días o aproximadamente 2 meses.

AMBITO HOGAREÑO (HOME RANGE)

De las 40 langostas (21 machos y 19 hembras) marcadas y liberadas en Marzo-Abril / 85, se obtuvieron 7 recapturas (3 hembras y 4 machos), representando un 17.5 % del total. La estructura de tallas de estas langostas se presenta en la figura 9, pudiendo apreciar una estructura similar tanto en las recapturas como en las capturas.

La figura 8 presenta los lugares en que fueron capturadas y recapturadas tales langostas. Como puede observarse, hubo recapturas en los sitios originales de captura, en trampas adyacentes y en la red a 17 y 24 m. de distancia del arrecife. Las recapturas en la red, evidencian las caminatas realizadas por esas langostas, siendo de 24 m. la mayor distancia registrada.

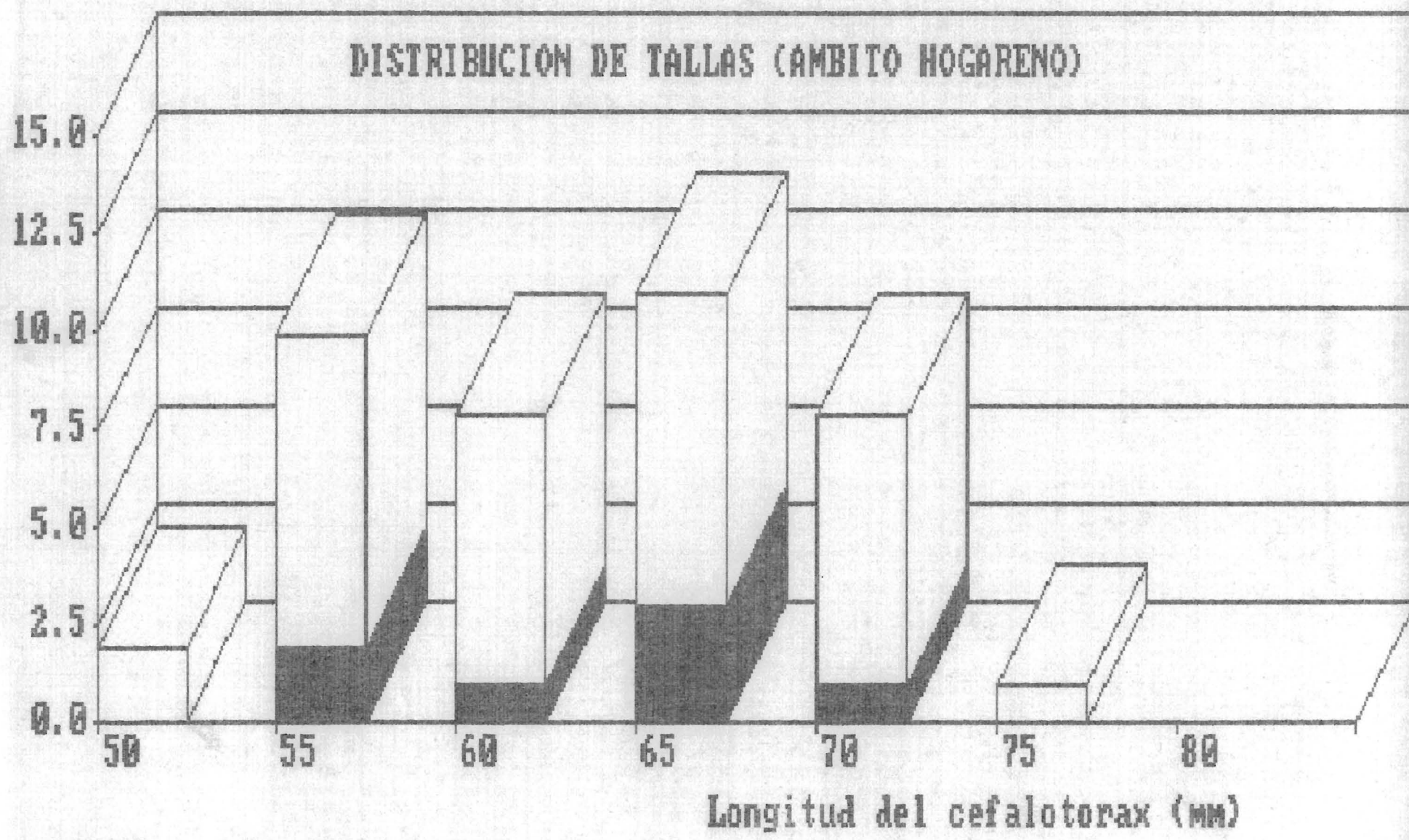


FIGURA 9.

Distribucion de tallas (Ambito hogareno)
 ■ Langostas recapturadas □ Langostas capturadas

ORIENTACION

De las 25 langostas liberadas para el experimento de orientación, se llevó a cabo el análisis de distribuciones circulares de primer orden, para los ángulos observados y se obtuvo la media angular representada por un vector con una magnitud $R = 0.5644$, un ángulo medio de 115.6° y una desviación angular de 53.5° . La figura 10 indica la representación gráfica de los ángulos observados y la media angular calculada. La significancia de este valor se estimó con la prueba de Rayleigh, obteniendo un valor de $Z = 7.92$ la cual comparada con el valor teórico de Z_p con una α de $0.001 = 6.55$, se rechaza la hipótesis nula de una distribución uniforme, existiendo entonces una dirección preferencial entre los ángulos registrados.

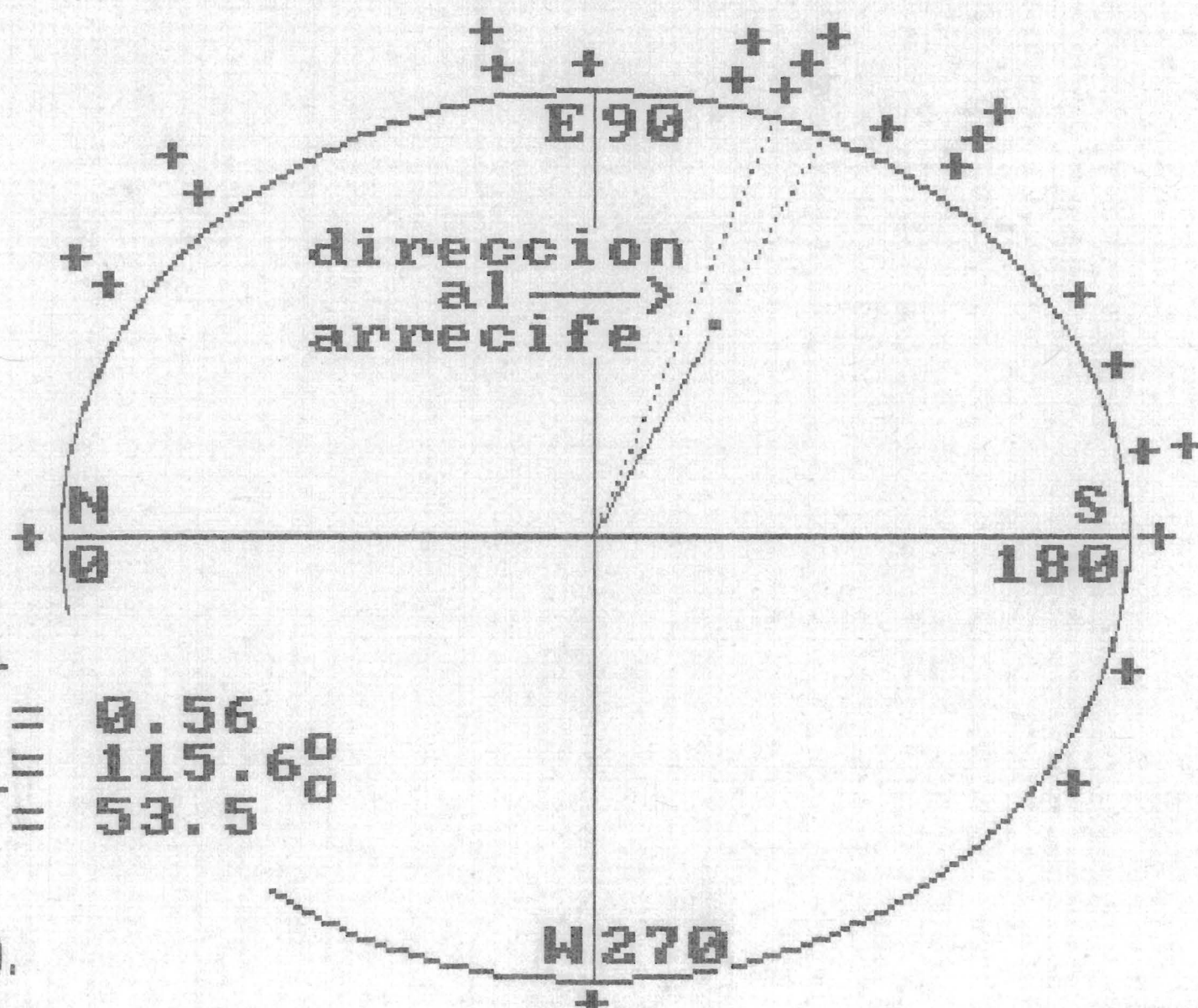
En cuanto a las mediciones de parámetros ambientales, se obtuvieron los siguientes resultados:

Temperatura promedio 27.75°C con una variación de 27.0° a 28.4°C .

Profundidad promedio 3.85 m. con una amplitud de 3.0 a 5.5 m.

Dirección promedio del oleaje 110.6° con una variación entre 75° y 150° .

Dirección promedio del viento 112.0° con una oscilación entre 75° y 150° .



Datos

R = 0.56
 Med \angle = 115.6°
 s = 53.5°

FIGURA 10.

ANALISIS DE DISTRIBUCION CIRCULAR

Dirección promedio de los rizos de la arena 110.0° con una variación de 110° a 120° .

Distancia promedio entre rizo y rizo 42.85 cm. con una amplitud de 30.0 a 60.0 cm.

Intensidad promedio de la corriente superficial 7.1 cm/seg con una oscilación entre 4.1 y 9.9 cm/seg.

Dirección promedio de la corriente superficial 217.5° con una variación de 45° a 240° .

Condiciones climáticas: Predomino el mar tranquilo o normal y solo en una ocasión, se presentó mar agitado con espuma en las crestas de algunas de las olas, y viento moderado.

D I S C U S I O N

Los movimientos efectuados por las langostas recapturadas en los tres parches arrecifales, demuestran claramente la naturaleza residencial de Panulirus guttatus en esta zona. Sin embargo, la capacidad de reconocer su o sus refugios desde distancias de 50, 100 y 200 m., y en ocasiones a través del arrecife, indica que estas langostas poseen un gran sentido de orientación y localización de su guarida. El alto número de recapturas cercanas a los lugares originales de captura, muestra la preferencia de estas langostas por refugios específicos en el arrecife, que bien pueden ser varios pero cercanos entre si. Un ejemplo muy claro lo demuestra la langosta # 1 (ver figura B), que a pesar de que fué capturada en la trampa # 15, sus recapturas a intervalos de 45, 56 y 70 días fueron en la misma sección del macizo arrecifal. Lo mismo ocurrió con la langosta # 9 cuyas recapturas a intervalos de 31 y 63 días fueron una en el sitio original de captura y otra, a 2 trampas de distancia.

Por el lado de la laguna arrecifal, es curioso observar que el mayor porcentaje de recaptura proviene de los 200 m., con un 52.6 % de las 19 liberadas en ese lugar, y en los 50 y 100 m. que son más cercanos al arrecife fué menor la recaptura; sin

embargo por el lado izquierdo (20°) y derecho (200°) del arrecife a los 100 m. de distancia, se registró el mayor porcentaje de recaptura con un 40 y 26.6 % respectivamente, (ver tabla 2) y conforme la distancia aumentó, menores fueron las recapturas, indicando que posiblemente estas langostas, pudieron establecerse en refugios cercanos a la zona en que fueron liberadas, o pudieron ser depredadas, o no volvieron a entrar a las trampas. La langosta # 13 fue la única en regresar a su origen de captura, desde la estación 200 m. del lado izquierdo del arrecife.

La razón de estos resultados en general, posiblemente se puede atribuir a la falta de refugios (hoyos, cuevas o corales) sobre todo en las estaciones de liberación a 200 m. tanto del lado izquierdo (20°) como del derecho (200°) en el arrecife, y a la gran cantidad del pez depredador Balistes sp. en la zona. Esta situación no ocurrió en la laguna arrecifal, ya que estas langostas fueron liberadas durante la noche.

Entre los factores que quizá influyeron para que se realizara el regreso al refugio, fue la falta de refugios disponibles causados por la abundancia de coespecíficos en la zona, provocando que la langosta que llegara, fuera rechazada.

El porcentaje relativamente bajo de recaptura sobre el total liberado, (considerando que la distancia de liberación no fue grande), es en gran parte atribuible al ataque de éste pez depredador, siendo comprobado en múltiples ocasiones durante las

liberaciones de las langostas y al encontrarlos dentro de las trampas, sobre todo en las últimas etapas del experimento.

Observando en el histograma de la figura 6, la clase 55 - 60 mm. obtuvo comparativamente con su captura, pocas recapturas correspondiendo a los organismos de tallas pequeñas, que son los más fácilmente vulnerables. Para la clase 50 - 55 mm. posiblemente se capturaron pocas langostas, debido a que la malla de la trampa era cercana a la talla de estas, quedando atrapadas solo unas cuantas. Las clases 75 - 80 mm. y 80 - 85 mm. también agrupan pocas langostas correspondiendo a los organismos más grandes de la distribución normal de cualquier población de esta especie. A pesar de esto, es muy significativa la ocurrencia de recapturas para todas las clases de tallas, indicando que el regreso al refugio en esta zona, es un patrón de movimiento que es observable independientemente de la talla, pero que depende de las condiciones ecológicas del lugar.

Las proporciones sexuales de las langostas capturadas y recapturadas muestran un mayor porcentaje por parte de los machos, lo cual no implica necesariamente, que la proporción sexual de la población no sea de 1 : 1, sino quizá que las hembras tengan un comportamiento más resguardado como resultado de la incubación de huevos, indicando que los machos presentan mayor movilidad, ya que las trampas tienen la misma probabilidad de capturar ambos sexos, Lozano *et al.*, (1982).

Las recapturas obtenidas en mayor número se realizaron durante la luna nueva, corroborando que el mayor porcentaje de captura se realiza en esta fase lunar, Morgan, (1974).

En cuanto al ámbito hogareño, las recapturas muestran que con una excepción, no hubo movimientos entre los 3 macizos arrecifales contiguos, separados entre si por aproximadamente 50 m. de distancia. Por otro lado, las langostas recapturadas en la red langostera, indican que varias realizaron una caminata de 24 m., distancia cercana a la mitad entre dos macizos arrecifales. Por lo tanto se considera que el ámbito hogareño (home range) de *P. guttatus* para esta zona, puede ser mayor a los 24 m. pero menor a los 50 m.; tomando en cuenta que la caminata de 24 m. pudo ser provocada por los peces muertos en la red que pudieron actuar como un estímulo químico a distancia.

El análisis de distribuciones circulares efectuado, muestra una dirección preferencial a los 115.6° muy cercana a la dirección del arrecife que es de 110° , sin embargo la magnitud del vector medio ($R = 0.56$) no es tan alta considerando el máximo valor como 1.0. Esto indica que la agrupación de puntos no es tan concentrada, y se debe posiblemente al efecto que causa a la variación en la intensidad y dirección del oleaje y la corriente. De los datos de los parámetros ambientales, el oleaje prevaleciente provino de los 110.6° en promedio, por lo que pudo tener gran influencia en los rumbos de las langostas. En cambio, la corriente registrada no tuvo influencia positiva, ya que tuvo

una dirección promedio de 217.5° .

Otro de los factores que también tuvo correlación fue la dirección promedio de las ondulaciones de la arena con 110° , ángulo muy cercano al vector medio obtenido de 115.6° . Este estímulo topográfico, depende directamente de la dirección prevaeciente del oleaje y puede influenciar la orientación de la langosta, siendo un estímulo más para confirmar el rumbo seguido.

Como consecuencia de que estas langostas presenten hábitos "bastante sedentarios", se tienen varias implicaciones, (Kinne, 1975):

- La obtención del alimento y de la pareja se limita solamente al área local.
- La competencia intra e interespecifica se da principalmente en el ámbito hogareño (home range).
- Es necesario el aprendizaje de las características espaciales del área.
- Requiere de la habilidad para orientarse alrededor del refugio por medio de la discriminación adecuada de los estímulos del medio.
- A la vez, al tener un refugio fijo en el medio ambiente que promueva la supervivencia, entonces la langosta mostrará habituación por ese lugar, en la medida que éste cubra con sus ne-

cesidades.

Todas estas implicaciones repercuten directamente en un comportamiento retraído de la langosta, siendo al parecer resultado de un camino evolutivo que responde a las adaptaciones para la supervivencia.

Uno de los principales factores que inducen que esta langosta tenga patrones de movimiento restringido es, sin lugar a duda, que la satisfacción de las necesidades básicas (alimento, refugio y quizá la pareja), la obtiene de los alrededores sin tener que alejarse demasiado. Esto probablemente sea un reflejo de las presiones ecológicas por las que ha pasado la población, produciendo a lo largo del tiempo, patrones característicos.

En condiciones adversas, como podría ser la alta densidad de individuos que repercute en la escasez de alimento, refugio y pareja, la población se vería obligada a realizar movimientos de mayor amplitud para satisfacer tales demandas biológicas, que si se presentan en un tiempo considerable inducen a adaptaciones evolutivas, conformando patrones de movimiento amplios, como podría ser el caso de Panulirus argus.

Sin embargo, la adaptación de estas dos especies es exitosa, resaltando que P. guttatus está mejor adaptada a la vida en los arrecifes, siendo por eso más especializada que P. argus y ésta a su vez tenga mayor éxito en dominar diferentes hábitats.

Por lo que se refiere a la orientación, se considera que

alrededor del arrecife, ésta puede realizarse por medio de múltiples indicadores, tanto hidrodinámicos como topográficos, gravitacionales, químicos, etc., sin embargo el modo de operar no aparenta ser el de una simple rehotaxia bidireccional (orientación dirigida a favor o en contra de la dirección del estímulo), sino más bien el de una menotaxia (orientación por compás) en la que la langosta mantiene un patrón de orientación asimétrico con respecto al estímulo recibido (kinne, 1975).

Es interesante resaltar también la capacidad de la langosta para conservar un rumbo determinado, y al mismo tiempo caminar hacia atrás. Este comportamiento se observó en múltiples ocasiones en las que la langosta percibía al observador, pero una vez que se alejaba de éste, continuaba caminando de frente con el rumbo antes seguido.

Por último a pesar de lo restringido de los movimientos que generalmente presenta *P. guttatus*, no por ello debe limitarse únicamente a esta clase de movimientos. Es muy posible que eventualmente se presenten movimientos de mayor amplitud, ya sean nomádicos o de migración, inducidos por sobrepoblación u otros factores dependientes de la densidad, que normalmente no se llegan a apreciar por ser esta una especie de regular abundancia en la zona del Caribe mexicano.

Para estudios posteriores, se recomienda el empleo de equipo de rastreo por medio de transmisores, (Stasko, 1975; Stasko and

Pincock, 1977; Herrnkind, 1974; Nelson, 1974, apud Herrnkind, 1980), que si bien resultan más costosos, proporcionan información más precisa en cuanto a tiempos, distancias y rutas seguidas por las langostas. Asimismo, un monitoreo más prolongado de las capturas y recapturas en una zona más extensa del arrecife, podría detectar movimientos de mayor amplitud para realizar cálculos, en cuanto a tasas migratorias y estimaciones de la abundancia relativa.

CONCLUSIONES

Las conclusiones que se obtuvieron con los resultados de este estudio, son las siguientes:

Se confirmó que para Panulirus guttatus el regreso al refugio es un patrón de movimiento observable, que depende de los siguientes factores:

De la lejanía del sitio de liberación con respecto a su refugio original.

De la presencia de refugios que brinden protección a las langostas, al regresar a su guarida.

De la abundancia de depredadores en la zona de liberación de la langosta.

De la abundancia de coespecíficos en el área de residencia.

Se estimó la amplitud del ámbito hogareño en aproximadamente 24 m., pudiendo ser mayor, pero sin pasar de los 50 m.

De los movimientos registrados de las langostas, se encontró que en esta zona en particular, P. guttatus efectúa movimientos cortos que generalmente se realizan sobre el mismo lado del

macizo arrecifal del que partieron.

Se observó que a la mayor distancia de liberación por el lado de la laguna arrecifal (200 m.), los indicadores orientacionales son buenos para guiar a la langosta en el regreso a su guarida.

Se considera al oleaje como el indicador hidrodinámico de mayor influencia para la orientación de P. guttatus.

La proporción sexual de la población capturada fué mayor por parte de los machos, indicando que su comportamiento es menos retraído que el de las hembras.

La fase lunar que más influencia tuvo sobre las capturas de P. guttatus, fué la luna nueva.

La orientación de la langosta P. guttatus corresponde a una menotaxia, pudiendo emplear múltiples indicadores orientacionales.

A N E X O · I -

```
PROGRAM ANADICIR (INPUT,OUTPUT,ARCHI);

(* Este programa esta elaborado en PASCAL y realiza el análisis *)
(* de distribuciones circulares de primer orden para cualquier *)
(* número de datos, leídos de un archivo previamente *)
(* creado. *)

CONST
  PI = 3.141596;

VAR
  ARCHI : TEXT;
  TOTX,TOTY,X,Y,R,S,
  COSA,SENA,A : REAL;
  GRADO,I : INTEGER;
  OPCION : CHAR;

FUNCTION SENO (GRADOS : REAL) : REAL;

(* Esta función implementa la función seno en grados *)

CONST
  PI = 3.141596;

BEGIN
  SENO := SIN ((GRADOS * PI / 180));
END;
(* END SENO *)

FUNCTION COSENO (GRADOS : REAL) : REAL;

(* Esta función implementa la función coseno en grados *)

CONST
  PI = 3.141596;
```

```

BEGIN
    COSENO := COS (( GRADOS * PI / 180 ));
END;
(* END COSENO *)

FUNCTION HIPOTE (X,Y : REAL) : REAL;

(* Esta función calcula la componente "r" (magnitud) *)
(* del vector medio de todos los ángulos procesados *)

BEGIN
    HIPOTE := SQRT (SQR (X) + SQR (Y));
END;
(* END HIPOTE *)

FUNCTION ANGULO (SENA,COSA : REAL) : REAL;

(* Esta función convierte el coseno y el seno en el *)
(* ángulo del vector medio de los ángulos procesados *)

CONST
    PI = 3.141596;

BEGIN
    ANGULO := ARCTAN (SENA / COSA) * 180 / PI;
END;
(* END ANGULO *)

(* CUERPO DEL PROGRAMA *)

BEGIN
    ASSIGN (ARCHI, 'B:ANGULOS.DAT');
    RESET (ARCHI);
    WRITELN (LST);
    WRITELN (LST, 'ANALISIS DE DISTRIBUCIONES EMPIRICAS CIRCULARES');
    WRITELN (LST);
    WRITELN (LST, 'ANALISIS ESTADISTICO DE PRIMER ORDEN');
    TOTY := 0;
    TOTX := 0;
    I := 0;
    WRITELN (LST);
    WRITELN (LST);
    WRITELN (LST, 'GRADOS', ' ':6, 'SENOS', ' ':11, 'COSENO');
    WRITELN (LST);
    WHILE NOT EOF (ARCHI) DO
        BEGIN
            I := I + 1;
            READ (ARCHI,GRADO);
            TOTY := TOTY + SENO (GRADO);
            TOTX := TOTX + COSENO (GRADO);
            WRITELN (GRADO, ' ':10, SENO (GRADO):6:4, ' ':10,

```

```

      COSENO (GRADO):6:4);
END;
(* END WHILE *)
WRITELN (LST);
WRITELN (LST, 'TOTAL', ' ':8, TOTY:6:4, ' ':10, TOTX:6:4);
Y := TOTY / I;
X := TOTX / I;
R := HIPOTE (X,Y);
S := SQRT (2 * (1 - R)) * 180 / PI;
SENA := Y / R;
COSA := X / R;
A := (ANGULO (SENA,COSA) + 180);
WRITELN (LST);
WRITELN (LST);
WRITELN (LST, ' LOS RESULTADOS SON LOS SIGUIENTES');
WRITELN (LST);
WRITELN (LST, 'EL VECTOR MEDIO DE LOS GRADOS ANALIZADOS');
WRITELN (LST, 'TIENE ESTAS CARACTERISTICAS :');
WRITELN (LST);
WRITELN (LST, 'MAGNITUD r = ',r:6:4);
WRITELN (LST);
WRITELN (LST, 'ANGULO MEDIO = ',A:5:1, ' GRADOS');
WRITELN (LST);
WRITELN (LST, 'DESVIACION ANGULAR S = ',S:5:2, 'GRADOS');
END.

```

ANALISIS DE DISTRIBUCIONES EMPIRICAS CIRCULARES

ANALISIS ESTADISTICO DE PRIMER ORDEN

| GRADOS | SENOS | COSENOS |
|--------|---------|---------|
| 90 | 1.0000 | -0.0000 |
| 130 | 0.7660 | -0.6428 |
| 180 | -0.0000 | -1.0000 |
| 105 | 0.9659 | -0.2588 |
| 120 | 0.8660 | -0.5000 |
| 110 | 0.9397 | -0.3420 |
| 80 | 0.9848 | 0.1736 |
| 110 | 0.9397 | -0.3420 |
| 130 | 0.7660 | -0.6428 |
| 170 | 0.1736 | -0.9848 |
| 195 | -0.2588 | -0.9659 |
| 270 | -1.0000 | 0.0000 |
| 170 | 0.1736 | -0.9848 |
| 210 | -0.5000 | -0.8660 |
| 45 | 0.7071 | 0.7071 |
| 30 | 0.5000 | 0.8660 |
| 150 | 0.5000 | -0.8660 |
| 30 | 0.5000 | 0.8660 |
| 130 | 0.7660 | -0.6428 |
| 80 | 0.9848 | 0.1736 |
| 45 | 0.7071 | 0.7071 |
| 105 | 0.9659 | -0.2588 |
| 0 | 0.0000 | 1.0000 |
| 110 | 0.9397 | -0.3420 |
| 160 | 0.3420 | -0.9397 |
| TOTAL | 12.7294 | -6.0858 |

LOS RESULTADOS SON LOS SIGUIENTES

EL VECTOR MEDIO DE LOS GRADOS ANALIZADOS
TIENE ESTAS CARACTERISTICAS :

MAGNITUD $r = 0.5644$

ANGULO MEDIO = 115.6 GRADOS

DESVIACION ANGULAR $S = 53.48$ GRADOS

B I B L I O G R A F I A

- Barnwell, F.H., 1965. An angle sense in the orientation of a millipede. Biol. Bull., 128, 33-49.
- Batschelet, E., 1965. Statistical Methods for the analysis of problems in animal orientation and certain biological rhythms. Am. Inst. Biol. Sci. Washington D.C. pp. 57.
- Batschelet, E., 1978. Second order statistical analysis of directions. Univ. Zurich Mathem. Inst. Zurich, Switzerland. pp. 1-24.
- Bill, R.G. y W.F. Herrnkind, 1976. Drag reduction by formation movement in spiny lobster. Science 193, 1146-1148.
- Briones, P., E. Lozano, A. Martinez y S. Cortez, 1981. Aspectos generales de la biología y pesca de las langostas en Zihuatanejo, Gro., México (Crustacea: Palinuridae). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Auton. México, 8(1): 79-101.
- Buesa, R.J., 1979. Oxigen consumption of two tropical spiny lobsters Panulirus argus and Panulirus guttatus (Decapoda Palinuridae). Crustaceana 36(1): 99-107.
- Caillouet, C.W., G.L., Beardsley, y N., Chitty, 1971. Notes on the size, sex ratio, and spawning of the spiny lobster Panulirus guttatus (Latreille), near Miami Beach Florida. Bull. Mar. Sci. 21 (4):944-951.
- Chittleborough, R.G., 1974a. Home range, homing and dominance in juvenile Western rock lobster. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 25, 227-234.
- Chittleborough, R.G., 1975. Enviromental factors affecting growth and survival of juvenile western rock lobster. Aust. J. mar. Freshwat. Res. 26, 177-196.
- Chitty, N., 1973. Aspects of the reproductive biology of the spiny lobster, Panulirus guttatus (Latreille). M. Sc. Thesis University of Miami, Gainsville.

- Chitty, N. y G.T., Waugh, 1978. A preliminary investigation of the fishery for the spiny lobster Panulirus guttatus in Bermuda. Final Report to the bermuda Biological Station. Manuscript. pp. 25.
- Creaser, E.P. y D., Travis, 1950. Evidence of a homing instinct in the Bermuda spiny lobster. Science 112, 169-170.
- Creutzberg, F., 1975. Orientation in space: Invertebrates. In (O., Kinne, ed.) "Marine Ecology", Vol. 2, Part 2, pp. 555-656. Wiley (Interscience), New York.
- Eibl-Eibesfeldt, I., 1979. "Etología. Introducción al estudio comparado del comportamiento", Ediciones Omega. Barcelona. pp 643.
- Fasham, M.J.R. y P. Foxton, 1979. Zonal distribution of pelagic decapoda (Crustacea) in the Eastern North Atlantic and its relation to the physical oceanography. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 37, 225-253.
- Farrugio H., 1975a. Observations sur deux langoustes de la Martinique, Panulirus argus et Panulirus guttatus. Premières données biométriques et étude comparée de leurs croissances relatives. Sci. Peche Bull. Inf. ISTPM 247:11-20.
- Farrugio H., 1976. Contribution a la connaissance de la sexualité des langoustes Panulirus guttatus et Panulirus argus dans les eaux Martiniquaises. Sci. Peche 254:1-11.
- Fielder, D.R., 1965. The spiny lobster, Jasus lalandei (H. Milne Edwards) in South Australia. III. Food, feeding and locomotor activity. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 16, 351-367.
- Galler, S.R., 1972. "Animal Orientation and Navigation." NASA, Washington D.C.
- García, E., 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Inst. Geogr. Univ. Nal. Auton. México. 246 p.
- Gracia, A. y C.B. Kensler, 1980. Las langostas de México: su biología y pesquería. An. Centro Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México. 7(2): 111-128.
- George, R.W., 1969. Natural distribution and speciation of marine animals. J. R. Soc. West. Aust. 52, 33-40.
- Hasler, A.D., 1966. "Underwater guideposts." Univ. of Wisconsin

press, Madison.

- Hazlett, B.A. y D. Rittschof, 1975. Daily movements and home range in Mithrax spinosissimus (Majidae, Decapoda.). Mar. Behav. Physiol. 3, 101-118.
- Herrnkind, W.F. y R. McLean, 1971. Field studies of homing, mass emigration and orientation in the spiny lobster, Panulirus argus. Ann. N.Y. Acad. Sci. 188:359-337.
- Herrnkind, W.F., 1972. Orientation in shore-living arthropods, especially the sand fiddler crab. In (H. Winn y B. Olla, eds.) "behavior of marine animals". Vol. 1, pp. 1-59. Plenum, New York.
- Herrnkind, W.F. y P. Kanciruk, 1978. Mass migration of spiny lobster, Panulirus argus (Crustacea: Palinuridae): Synopsis and orientation. In "Animal Migration, Navigation, and Homing" (K. Schmit-Koenig and W.T. Keeton, eds), pp. 430-439. Springer-Vaerlag, Berlin and New York.
- Herrnkind, W.F., J. Vanderwalker, J. y L. Barr, 1975. Population dynamics, ecology and behavior of spiny lobster, panulirus argus, of St. John, U.S. Virgin Islands: Habitation and pattern of movements. Results of the Tektite Program, Sci. Bull., Nat. Hist. Mus. 220, 31-45.
- Herrnkind, W.F., 1980. Spiny lobsters: Patterns of movement. In (J.S., Cobb y B.F., Phillips, eds) "The biology and management of lobsters. Physiology and Behavior.", 1, pp. 349-407.
- Herrnkind, W.F. 1983. Movement Patterns and Orientation. In (F.J., Vernberg y W.B., Vernberg, eds.) "The biology of crustacea. Behavior and Ecology" , Vol. 7, pp. 41-105. Academic Press, New York.
- Hindley, J.P.R., 1977. A review of some aspects of the behavior of juvenile and adult palinurids. Circ. CSIRO, Div. Fish Oceanogr. (Aust) pp. 132-142.
- Jones, N.S., 1950. Marine Bottom communities. Biol. Review Cambridge Phyl. Soc. 25, 283-313.
- Jordán, E., 1979. Estructura y composición de arrecifes coralinos en la región noreste de la Península de Yucatán México. An. Centro Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México. 6(1):69-86.
- Jordán, E., 1980. Arrecifes coralinos del noroeste de la península de Yucatán: Estructura comunitaria, un estimador del desarrollo arrecifal. Tesis Doctoral, Fac. Ciencias,

Univ. Nal. Auton. México, 148 p.

- Jordan, E., 1981. Community structure of coral reefs in the Mexican Caribbean. Proceedings of the IV International Coral reef. Symposium, Manila pp. 303-304.
- Kanciruk, P. y W.F. Herrnkind, 1973. Preliminary investigations of the daily and seasonal locomotor activity rhythms of the spiny lobster Panulirus argus. Mar. Behav. Physiol. 1, 351-359.
- Kanciruk, P. y W.F. Herrnkind, 1978. Mass migration of spiny lobster, Panulirus argus (Crustacea: Palinuridae): Population Dynamics, environmental correlates and triggering stimuli. Bull. Mar. Sci. 28, 601-623.
- Keeton, W.T., 1974. The mystery of pigeon homing. Sci. Am. 231, 96-107.
- Kinne, D., 1975. "Marine Ecology" Vol II. Wiley, New York.
- Lipcius, R.N. y W.F. Herrnkind, 1982. Molt cycle alterations in behavior, feeding and diel rhythms of a Decapoda Crustacean, the spiny lobster Panulirus argus. Mar. Biol. 68, 241-252.
- Lozano, E. y P. Briones, 1982. Informe final del programa para el desarrollo de la pesquería de langostas en el Sur del Pacífico Mexicano. Convenio entre el Instituto Nacional de la Pesca de la Secretaría de Pesca y el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Univ. Nal. Auton. de México. 1-97.
- Marfin, J.P., 1978. Biologie et peche de la langouste Panulirus guttatus en Martinique. Sci. et Peche Bull. Inst. Peche Marit. 278, 1-10.
- Marler, P. y W.J., Hamilton, 1966. "Mechanisms of animal behavior." Wiley, New York.
- Morgan, G.R., 1974. Aspects of the population dynamics of the Western rock lobster, Panulirus cygnus George. II. Seasonal changes in the catchability coefficient. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 25, 249-259.
- Nishimoto, R. y W.F. Herrnkind, 1982. Orientation of the blue crab, Callinectes sapidus Rathbun: Role of celestial cues. Mar. Behav. Physiol. 9, 1-11.
- Phillips, B.F., V.S., Cobb, y R.W., George, 1980. General Biology. In (J.S. Cobb y B.F. Phillips, eds.) "The biology and management of lobsters, Physiology and Behavior", Vol. 1, pp. 1-82.

- Phillips, B.F., 1983. Migrations of pre-adult western rock lobsters, Panulirus cygnus, in Western Australia. Mar. Biol. **76** 311-318.
- Rudloe, A.E. y W.F., Herrnkind, 1980. Orientation by horseshoe crabs, Limulus polyphemus, in a wave tank. Mar. Behav. Physiol. **7**, 199-211.
- Schone, H., 1965. Realease and orientation of behavior and the role of learning as demonstrated in crustacea. Anim. Behav., Suppl. **1**, 135-144.
- Siniff, D.B. y C.R., Jessen, 1969. A simulation model of animal movement patterns. Adv. Ecol. Res. **6**, 185-219.
- Solis, M.J., 1963. Ensayo de nasas para langosta en la bahía de Ascención, Quintana Roo, México. Inst. Nal. Inv. Biol. Pesq. **7(66):1-17.**
- Sutcliffe, W.H., 1953b. Notes on the biology of the spiny lobster Panulirus guttatus, in Bermuda. Ecology **34**, 794-796.
- Tinbergen, N., 1981. "El estudio del instinto". Siglo XXI editores. Mexico. pp.243.
- Wainwright, S.A. y R.J., Dillon, 1969. On the orientation of sea fans (Genus Gorgonia). Biol. Bull., **136**, 130-139.
- Walton, A. F. y W.F., Herrnkind, 1977. Hydrodynamic orientation of spiny lobster, Panulirus argus (Crustacea: Palinuridae): Wave surge and unidirectional currents. Mem. Univ. New-foundland, Mar. Sci. Res. Lab., tech. Rep. No. **20**, 184-211.
- Zar, J.H., 1974. "Biostatistical analysis". Prentice-Hall. N.J.