

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**RECLUTAMIENTO POSTLARVAL DE LANGOSTA DE LA FAMILIA
PALINURIDAE (DECAPODA) Y SUGERENCIAS PARA UN PLAN DE
MONITOREO DEL RECURSO EN EL PARQUE NACIONAL CAHUITA,
COSTA RICA.**

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en
Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales (GIACT), para optar al grado de Magíster
Scientiae.

OSCAR DANILLO GONZÁLEZ QUIROZ

Ciudad Universitaria “Rodrigo Facio”, San José, Costa Rica

2005

Dedico esta tesis a:

Mi madre María Nubia Quiroz, por brindarme todo su apoyo durante los momentos más difíciles que me toca vivir durante esta etapa de mi vida, Es y Será la fuerza e inspiración que me guía.

Recibid de mi enseñanza, y no plata; y ciencias antes que el oro escogido. Porque mejor es la sabiduría que las piedras preciosas; y todo cuanto se puede desear no es de compararse con ella. Yo la sabiduría, habito con la cordura y hallo la ciencia de los consejos
Proverbios 8: 10-12

Mis amigos Graciela y Serafino Biacchi los cuales me brindaron amistad, cariño y consejos importantes en mi vida personal y profesional.

Hay alegría de ser sano y justo; pero hay sobre todo la inmensa alegría de servir
Gabriela Mistral

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma fueron partícipes en la realización de esta tesis. Al pueblo de Cahuita, en especial a los pescadores, por apoyar esta investigación y brindarme la amistad, hasta el punto de hacerme sentir como parte de la comunidad Cahuiteña. Deseo agradecer el apoyo brindado por miembros de la comunidad de Cahuita, principalmente al Sr. José Ferguson (*PECK*) por su amistad y colaboración en esta investigación durante la fase de colecta de datos. Gracias a Humberto Jackson (*BIG BOY*).

Agradezco a la Fundación Internacional para la Conservación del Caribe (*FICCAR*) por su colaboración en la parte logística y en el préstamo de una lancha.

Mi sincero agradecimiento a mi tutor, Ingo Wehrmann por darme la confianza y apoyarme científica y administrativamente en la realización de este trabajo. A los miembros de mi Comité Asesor, Juan B. Chavarría y Luis Sierra, por apoyarme durante el proceso de realización de la presente tesis y por brindarme su valioso tiempo en la revisión y preparación del documento final. Además agradezco al Dr. Enrique Lozano y la Dra. Patricia Briones por su valiosa colaboración y sugerencias para la realización de este trabajo. Gracias al Dr. Raúl Cruz por brindarme información importante en la realización de esta tesis.

Mi agradecimiento rotundo a la Red ALFA-GIACT por el otorgamiento de una beca que me permitió el financiamiento de mi estancia, estudios y realización de la tesis de graduación.

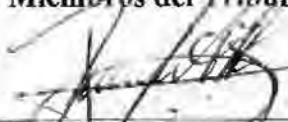
Agradezco la compañía, amistad y ayuda de todos los compañeros de la maestría: Magdalena Laguna, Nathalie Germain, Oreina Orrantía, Fridemann Kyel, Lelia Jordan, Indira Durán, Catalina Mora, Belinda Dick, Maribelle Vargas, Ghita Hamzaoui, Raúl Roja, Julio Brenes, Gerardo Cortes, Victor Alvarado y Javier Aguirre. Especial agradecimiento a Javier y Victor por su colaboración en las labores de recolección de datos. A Magdalena Laguna y Rolando Alonzo Puc mis más sinceras felicitaciones por su preciosa niña.

Finalmente, y no menos importante, quiero agradecer a mis hermanos por su apoyo y consejos: Marvin, Luis, Carlos y Sandra. También agradezco a Pedro Quiroz y su esposa Nicolasa González, y mis primos Pedro y Paula Quiroz Quiroz.

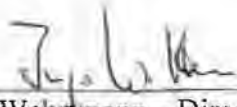
¡A todos gracias!

Esta Tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales (GIACT) de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado de Magíster Scientiae


Miembros del Tribunal:



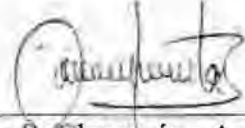
Dr. Alvaro Morales Ramírez
Representante del Decano del SEP



Dr. Ingo Wehrmann – Director de tesis



Dr. Luis Sierra Sierra – Asesor de Tesis




M.Sc. Juan B. Chavarria – Asesor de Tesis



M.Sc. Rita Vargas Castillo
Representante del Director del Programa de Posgrado GIACT

Candidato:



Lic. Oscar D. González Quiroz

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	
1.1 Recurso langosta	2
1.2 Importancia de la pesquería de <i>P. argus</i>	3
1.3 Especies de la familia Palinuridae en la costa Caribe Costarricense y su distribución mundial	3
1.4 Ciclo de vida de la langosta <i>Panulirus argus</i>	4
1.5 Ciclo de vida de <i>P. guttatus</i>	5
1.6 Caracteres morfológicos y ecológicos de la fase Puérulo	
1.6.1 Morfología del puérulo de <i>P. argus</i>	6
1.6.2 Ecología de los puérulos de <i>P. argus</i>	7
1.7 Importancia en las investigaciones de reclutamiento de postlarvas	8
1.8 Metodologías de investigación utilizadas en la fase puérulo	9
1.9 Monitoreo del recurso langosta a nivel de postlarvas	11
1.10 Justificación y objetivos del trabajo	11
II. METODOLOGÍA	
2.1 Descripción de la zona de estudio	13
2.2 Descripción de las estaciones de muestreo	15
2.3 Tipo de colector	15
2.4 Estrategia de colecta	15
2.5 Identificación	
2.5.1 Especies	16
2.5.2 Estadios	17
2.6 Mediciones biométricas	18
2.7 Perspectivas para el monitoreo de postlarvas	18
2.8 Análisis estadísticos	18
III. RESULTADOS	
3.1 Identificación de especies y estadios	20

3.2 Patrones temporales	21
3.3 Patrones espaciales	22
3.3.1 Zona de Cahuita	24
3.3.2 Zona de Puerto Vargas	24
3.4 Factores ambientales	
3.4.1 Temperatura	24
3.4.2 Salinidad	25
3.4.3 Turbidez	25
3.5 Perspectivas para el monitoreo de postlarvas de <i>Panulirus argus</i>	26
3.5.1 Plan de monitoreo participativo	27
IV. DISCUSIÓN	28
4.1 perspectivas para el monitoreo de postlarvas de <i>Panulirus argus</i>	30
4.1.1 Plan de monitoreo del asentamiento postlarval de <i>P. argus</i>	31
V. CONCLUSIÓN	32
VI. RECOMENDACIONES	33
VII. BIBLIOGRAFÍAS	35
VIII. ANEXOS	45

RESUMEN

González, O. 2005. Reclutamiento postlarval de langosta de la familia Palinuridae (Decapoda) y sugerencias para un plan de monitoreo del recurso en el Parque Nacional Cahuita, Costa Rica. Tesis de Maestría en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales (GIACT). San José, CR. 57 p.

Se estudiaron los patrones espaciales y temporales del reclutamiento de postlarvas de la langosta espinosa (*Panulirus argus*), en el Parque Nacional Cahuita, Limón, Costa Rica. El objetivo de la investigación fue analizar la distribución y abundancia postlarval de la familia Palinuridae (Decapoda), y establecer los criterios para el monitoreo del recurso langosta a nivel postlarval. El estudio se realizó entre marzo - octubre del 2004. Se establecieron seis estaciones de muestreo (cinco colectores por estación). El tipo de colector (denominado "Gu-Si") que se usó, está basado en fibra artificial. Se muestreó un día después de cada fase de luna nueva y cuarto creciente. Se contó el número de puérulos por cada colector, identificación de especies y los estadios de desarrollo. Con base al número de puérulos colectados y el número de colectores se obtuvo el índice de puérulo (Ip). Se midió la longitud total (Lt) y longitud cefalotorácica (Lc). Se tomaron datos de temperatura superficial, salinidad y visibilidad del agua. Con base a la experiencia de los seis meses, se desarrolló un plan de monitoreo a nivel de reclutas, en el cual se incluyeron criterios ecológicos, económicos, sociales y culturales de los actores involucrados con el recurso. Se colectaron un total de 348 postlarvas, de las cuales se fijaron 246 (estas pertenecían a la especie *P. argus*). La mayoría de los individuos colectados se encontraban en el estadio postpuérulo (51.1%), seguido por el estadio puérulos II (31.3 %). El rango de longitud del cefalotórax para los puérulos fue de 4.9 - 7.1mm; puérulos I de 5.2 - 6.7mm; puérulos II de 5.0 - 7.0mm; y postpuérulos de 5.2 - 8.7mm. Mayo presentó el máximo índice de reclutamiento con 1.72 CPUE, seguido de agosto con 1.38 CPUE. El mínimo se obtuvo en marzo con 0.36 CPUE. El índice de asentamiento de puérulos fue de 1.12. Este Ip representa un gran potencial en la pesquería de langostas para la zona sur del Caribe costarricense, debido al alto número de postlarvas de langostas que se reclutan a la zona. Las estaciones II y III presentaron los más altos promedios de CPUE. La mayor cantidad de postlarvas capturadas en los colectores se obtuvo en la fase lunar de cuarto creciente. El máximo de temperatura promedio se presentó en agosto con 30.6 °C y el mínimo en marzo con 28.1 °C. Se obtuvo la mayor salinidad para el mes de junio con 34.9 ups y el mínimo en julio con 31.3 ups. La máxima visibilidad (100 %) fue obtenida en

marzo y julio. Para mayo se obtuvo el 75 % de visibilidad, pero fue el mes de mayores capturas promedio. El plan de monitoreo que se propone se basa en la colaboración entre la asociación de pescadores, universidades y organismos gubernamentales, formando un triángulo de cooperación. La toma de decisiones en conjunto permitirá decidir con base científica y experiencia empírica la mejor alternativa a tomar en beneficio del ambiente y el uso sostenible del recurso langosta.

Tutor de tesis: Ingo Wehrtmann

Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica

Palabras claves: Puérulos, langosta espinosa, colector, *Panulirus argus*, asentamiento, reclutamiento, monitoreo.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Características principales que diferencian a las postlarvas (puérulos) de <i>Panulirus argus</i> y <i>P. guttatus</i> . Modificado de Briones y MacWilliam (1997).	16
Cuadro 2. Promedios de la longitud del cefalotórax (Lc) y longitud total (Lt) De los cuatro estadios de desarrollo de la fase puérulo (marzo – agosto del 2004).	21
Cuadro 3. Índice del asentamiento postlarval de <i>Panulirus argus</i> obtenido en el Parque Nacional Cahuita comparado con índices de puérulos de otros países. (marzo – octubre del 2004).	21
Cuadro 4. Resultados del análisis de varianza de dos factores aplicado a los valores transformados a $\log(x+1)$ del número promedio de postlarvas capturadas en cada zona de muestreo y por cada mes (de las seis estaciones de muestreo). (marzo – octubre del 2004).	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de Vida de la langosta espinosa del Caribe <i>Panulirus argus</i> , tomado de Cruz <i>et al.</i> 2001.	5
Figura 2. Historia del ciclo de vida de <i>P. argus</i> en la región Caribe, Golfo de México y Florida, basado en los índices temporales de reproducción, asentamientos postlarvales y el reclutamiento a las zonas de pesca, tomado de Arce y de Leon (2001).	9
Figura 3. Colector de postlarvas utilizado en este estudio (Gu-Si).	10
Figura 4. Localización de las seis estaciones de muestreo (Cahuita y Puerto Vargas), en el Parque Nacional Cahuita.	14
Figura 5. Número de postlarvas colectadas e identificadas (n= 348) en los cuatro estadios de desarrollo de la fase Puérulo, según clasificación propuesta por Cruz (2002). Puérulo (P), Puérulo I (P1), Puérulo II (P2); y Postpuérulo (PP).	20
Figura 6. Índice de la CPUE (puérulos/colector/mes) obtenida durante seis meses de muestreo en el Parque Nacional Cahuita (marzo – agosto del 2004)	22
Figura 7. La CPUE (puérulos/colector/fase lunar) promedio en las seis estaciones de muestreo, durante la fase de luna nueva y cuarto creciente en el Parque Nacional Cahuita (marzo – agosto del 2004).	22
Figura 8. CPUE (puérulos/colector/mes) promedio por cada una de las seis estaciones de muestreo, en el Parque Nacional de Cahuita. Las estaciones III y VI fueron establecidas un mes después de las cuatro restantes. (marzo–agosto del 2004)	23
Figura 9. Temperatura y salinidad promedio de la superficie del mar en las seis estaciones de muestreo en el Parque Nacional Cahuita (marzo-agosto del 2004).	25

Figura 10. CPUE (puérulos/colector/mes) y visibilidad del agua al momento de la colecta de las postlarvas en el Parque Nacional Cahuita (marzo-agosto del 2004. 26

Figura 11. Diagrama del proceso a seguir en el monitoreo del recurso langosta en la fase postlarval (puérulos) en el Parque Nacional Cahuita. 27

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Colectores utilizados para la captura de postlarvas de *Panulirus argus*. a; colector Witham, utilizado en la Florida y b; colector Phillips utilizados en Cuba, con algunas modificaciones

Anexo 2. Estadios de desarrollo de la fase Puérulo, según la clasificación propuesta por Cruz (2002). Puérulo (P), Puérulo I (P1), **Puérulo II P2** y Postpuérulo (PP).

Anexo 3. La tabla muestra las capturas totales de postlarvas por cada mes, estación y las fases lunares de Luna Nueva (LN) y Cuarto Creciente (CC), además de la cantidad de colectores revisados durante los seis meses de muestreo en el Parque Nacional de Cahuita.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 RECURSO LANGOSTA

Las langostas de la familia Palinuridae son conocidas como langostas espinosas o langostas de roca. Son crustáceos decápodos que se distribuyen en todos los océanos y mares del mundo entre las zonas templadas, tropicales y subtropicales, y tienen una gran demanda en el mercado internacional (Phillips *et al.* 1980, citado en Lozano 1994). Las principales pesquerías de langostas de esta familia se basan en las especies de *Jasus lalandii* (Sudáfrica), *Panulirus cygnus* y *J. novahollandiae* (Australia), *J. edwardsii* (Nueva Zelanda) y *P. argus* (Cuba, Brasil, Estados Unidos, México, Honduras y Nicaragua) (Briones 1991a)

En la costa del Caribe costarricense (212 km de longitud), se explotan alrededor de 15 especies de organismos marinos, entre peces, crustáceos y moluscos (Sierra 1996). Existen tres especies de langosta de la familia Palinuridae: *Panulirus argus*, *P. guttatus* y *P. laevicauda* (Vargas y Cortés 1999, Wehrtmann 2003). La primera de ellas es la más abundante y soporta la principal pesquería de langosta del Caribe (Sierra 1996). Las dos restantes se explotan de forma esporádica y no son comercialmente utilizadas, son para consumo familiar o para carnada en la pesca de peces. La langosta con su alto valor económico representa un recurso importante en muchas comunidades pesqueras del Caribe y en algunos casos es la base de su economía (Pérez *et al.* 1992, González *et al.* 1993).

La langosta espinosa (*P. argus*) que se pesca en el Caribe costarricense se divide en dos grupos de acuerdo a su procedencia: 1) Langostas migratorias: son capturadas en la zona norte de la ciudad de Limón hasta la frontera con Nicaragua, durante los meses de agosto a enero (Campos 1995, Sierra 1996). No se ha determinado cuál es el valor adaptativo de esta migración, ni el factor ambiental que la dispara, pero se piensa que es el descenso de la temperatura del agua provocado por la entrada de frentes fríos ("nortes") (Briones *et al.* 1997), y 2) Langostas residentes: es una población de langostas que no migra. Habita en los arrecifes coralinos y los parches coralinos que existen en la zona sur del Caribe de Costa Rica. Se distribuye principalmente entre Cahuita y la desembocadura del río Sixaola (frontera con Panamá) (Campos

1995, Sierra 1996). En la zona sur del Caribe costarricense las capturas de langostas son realizadas eminentemente por pescadores artesanales (buceo a pulmón) y la pesca es de un fuerte carácter estacional (González *et al.* 1993, Umaña y Chacón 1994, Sierra 1996, INCOPECA 2003). El período de pesca depende de las condiciones ambientales, la cual concuerda con épocas donde las fuerza del oleaje y los vientos bajan sustancialmente (Campos 1995, Sierra 1996).

1.2 IMPORTANCIA DE LA PESQUERÍAS DE *P. argus*

La región del Caribe, Florida y el Golfo de México, son los principales productores de langosta, a escala mundial, representando el 17 % (alrededor de 33,000 t) del promedio total de producción mundial de langosta (200,000 t) en el período de 1978-1991 (Cruz *et al.* 2001). Dentro de las especies de langosta comercialmente explotadas *Panulirus argus* es la que tiene mayor importancia económica. La especie *P. argus* fue la segunda mayor pesquería en la región del Caribe con un total de US \$350 millones en 1995, únicamente superada por las exportaciones de camarón (penaeidos) (Cruz *et al.* 2001).

El 70-80 % de los desembarques de langosta espinosa en la región del Caribe son realizados por seis países. Cuba históricamente produce los mayores desembarques en la región seguido por Brasil, las Bahamas, Estados Unidos, Honduras y Nicaragua. Generalmente, las tendencias de desembarques para estos países tienen un amplio rango de variabilidad interanual (Lozano 1994, Ehrhardt 2001). En Costa Rica el promedio anual de desembarques de langostas en el litoral Caribe es de 123,332.8 kg para el período de 1992-2001 (INCOPECA 2003). Estos desembarques se obtienen principalmente de las capturas realizadas en la parte norte del Caribe costarricense (INCOPECA 2003).

1.3 ESPECIES DE LA FAMILIA PALINURIDAE EN LA COSTA CARIBE COSTARRICENSE Y SU DISTRIBUCIÓN MUNDIAL

En el Caribe de Costa Rica existen tres especies de langostas de la familia Palinuridae; *Panulirus argus* y *P. guttatus* (Vargas y Cortés 1999) y *P. laevicauda* (Wehrmann 2003). Las especies de esta familia tienen una misma distribución geográfica en el Océano Atlántico y el mar Caribe

desde Carolina del Norte (Estados Unidos), hasta Río de Janeiro (Brasil), distribuyéndose en las provincias zoogeográficas Antillanas y Caribeñas (Holthuis y Villalobos 1961, Fisher 1978, Holthuis 1991, Moe 1991, Gómez *et al.* 1999).

1.4 CICLO DE VIDA DE LA LANGOSTA *Panulirus argus*.

P. argus tiene un ciclo de vida largo y complejo (Fig. 1). Los machos y las hembras se aparean en hábitats arrecifales. Posteriormente, las hembras ovígeras se desplazan hacia zonas cercanas al talud continental, en donde liberan los huevos. El número de huevos en los pleópodos presenta un rango entre 159,000 y 1,629,000 huevos por individuo (Cruz 2002). La eclosión de los huevos ocurre en 3-4 semanas, dando origen a larvas planctónicas denominadas *filosoma* (Cruz 2002). Estas larvas son de forma aplanada y transparente; pasan por 11 estadios de desarrollo en un tiempo que se ha estimado entre 6-11 meses, tiempo en el cual son ampliamente dispersadas por las corrientes marinas (Cruz 2002).

Terminando la fase de filosoma, las larvas sufren una metamorfosis hacia postlarva, denominada *puérulo* (estadio de transición entre el plancton y el bentos), en la cual, aunque sigue siendo transparente, presenta ya la forma típica de la langosta, pero con algunas adaptaciones para la vida pelágica. El posible estímulo para la metamorfosis incluye procesos físicos que operan cerca del talud continental (Phillips y McMillan 1987, Booth y Phillips 1994) o por el contacto del estado final de filosoma con el fondo marino.

Los puérulos retornan a las zonas costeras durante todo los meses de año, con pulsos mayores en las fases lunares de cuarto creciente y luna nueva (Briones *et. al* 1997; Umaña y Chacón 1994). Las postlarvas se asientan en hábitats someros sobre sustratos tales como: raíces de mangle, pastos marinos (Witham *et al.* 1968) y lechos de algas rodófitas (Marx y Herrnkind 1985, Briones y Lozano 2001).

El contacto con un sustrato adecuado en el área costera es el estímulo que propicia los cambios morfológicos que culminan en el primer estadio postpuérulo, que es fácil de distinguir por la forma del rostro y por la bandas oscuras que recorren ambos lados del cuerpo; en los pereiópodos las bandas oscuras son fragmentadas (Phillips 1972).

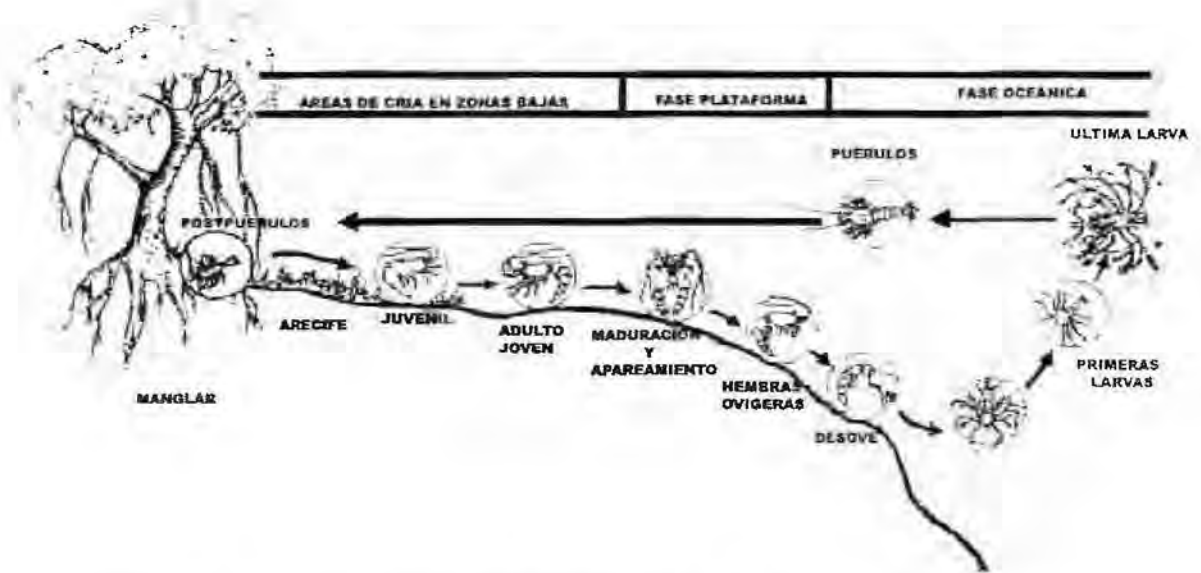


Figura 1. Ciclo de vida de la langosta espinosa del Caribe *Panulirus argus*, tomado de Cruz *et al.* 2001.

Al final del estadio postpuérulo sufren metamorfosis a la fase juvenil, desarrollando hábitos gregarios y van cambiando de hábitat conforme se acercan a la madurez sexual (Briones *et al.* 1997). Los juveniles permanecen en zonas someras durante aproximadamente dos a tres años, y posteriormente se trasladan a zonas arrecifales más profundas, donde llevan a cabo la reproducción. Los adultos se encuentran en fondos de pastos marinos, esponjas, algas, arrecifes coralinos y zonas rocosas, hasta profundidades cercanas a los 100 m (Lozano s.f.).

1.5 CICLO DE VIDA DE *P. guttatus*

El ciclo de vida para *P. guttatus* es diferente al de *P. argus* en algunas etapas. *P. guttatus* se encuentra en las formaciones del coral escleractinio *Acropora palmata*, y por tanto se restringe casi exclusivamente al área que ocupa la barrera arrecifal o en áreas de crecimiento de coral aislado (Colinas y Briones 1990). Es una especie altamente gregaria, pero restringida al arrecife coralino, hábitat con características topográficas, estructurales y comunitarios sumamente complejos (Briones 1995). Las hembras de *P. guttatus* con huevos en todas las fases de desarrollo se encuentran en los arrecifes coralinos (Briones 1991b), por lo tanto se presume que ahí mismo se liberan los huevos, dando origen a larvas denominadas *filosoma* (Briones 1995). El

número de huevos en los pleópodos presenta un rango entre 36,080 – 150,210 huevos por individuo (Briones *et al.* 1988).

No se han descrito los primeros estadios de la filosoma de *P. guttatus*. Sin embargo, los últimos estadios de filosoma son significativamente más grande que los mismos estadios de *P. argus* y tienen antenas espatuladas (Baisre y Alfonso 1994). La postlarva de *P. guttatus* es notablemente diferente del puérulo de *P. argus*, siendo lo más evidente morfológicamente el mayor tamaño del puérulo de *P. guttatus* y sus largas antenas espatuladas (Briones 1993; 1995, Briones y McWilliam 1997). Los puérulos de *P. guttatus* no se establecen en algas y pastizales, por lo que, aparentemente estas postlarvas se asientan en el mismo hábitat donde vivirán en sus fases juvenil y adulta, es decir en el arrecife coralino (Briones 1995).

1.6 CARACTERES MORFOLÓGICOS Y ECOLÓGICOS DE LA FASE PUÉRULO

1.6.1 MORFOLOGIA DEL PUÉRULO DE *P. argus*

La fase puérulo de *P. argus* es descrita ampliamente por Lewis *et al.* (1952). Se caracteriza por ser transparente, excepto por los ojos que son pigmentados (amarillos) y desprovistas de espinas en el caparazón. El puérulo mantiene varios caracteres larvales como son: cuerpo deprimido, caparazón poco calcificado y transparente. El puérulo tiene una forma hidrodinámica, no se alimenta y tiene un sentido de orientación bien desarrollado (Phillips y MacMillan 1987).

A pesar de que el puérulo posee características de larvas, como su alta transparencia corporal y cuerpo aplanado, también poseen otras de postlarvas como pereiópodos y pleópodos (le brinda la habilidad para nadar eficientemente). Por tanto, la fase puérulo es considerada como una etapa transicional hacia la vida bentónica (Cruz 1980).

Se pueden distinguir dos etapas en el puérulo cuando este se fija al colector, arrecife coralino o en algas bentónicas (antes de realizar la primera muda del estadio postlarval): a. inicio de pigmentación lateral, cuerpo deprimido dorsoventralmente y transparente; b. luego adquiere una

pigmentación lateral bien definida de color carmelita pálido, cuerpo deprimido y aun transparente (Cruz 2002).

En la primera muda postlarval, aparecen franjas de color oscuro que recorren ambos lados del cuerpo, incluso, en los pereiópodos, antenas y anténulas, las franjas oscuras aparecen fragmentadas en estos apéndices. En esta primera muda, los organismos no aumentan en longitud, pero sí en volumen (Briones 1993). Este estadio se caracteriza por una serie de cambios sucesivos que se producen en el exoesqueleto (se hace más duro, de forma cilíndrica y se desarrollan numerosas espinas) y cambios de coloración (Briones 1993).

El estadio postpuérulo se extiende desde el estadio inmediato de la metamorfosis del puérulo hasta que alcanza un largo de cefalotórax entre los 6-16.5 mm (Cruz 2002). Se considera los ejemplares como juveniles cuando es posible distinguir los sexos a simple vista (Cruz *et al.* 1991). En condiciones de laboratorio, la fase puérulo tarda un promedio de cinco a ocho días en mudar al primer estadio juvenil (Booth y Phillips 1994).

1.6.2 ECOLOGÍA DE LOS PUÉRULOS DE *P. argus*

La fase de puérulo y etapas tempranas de juveniles experimentan mayor depredación que el estado adulto y fases posteriores de juveniles (Gracia y Lozano 1980). En la laguna arrecifal de Puerto Morelos se detectaron puérulos pequeños de *P. argus* en el contenido estomacal de los peces *Lutjanus guiseus*, *Haemulon plumieri* y *Umbrina coroides*, y se registraron otras especies de la familia Lutjanidae, Haemulidae y Polynemidae como depredadores potenciales (Pérez 1993).

Los niveles bajos de salinidad pueden reducir el porcentaje de asentamientos de postlarvas (Lyons 1980). Los puérulos provenientes de aguas oceánicas no toleran salinidades menores de 25 ups sin aclimatación, aunque algunas especies de la familia Palinuridae toleran una disminución gradual de hasta 19 ups (Chittleborough 1975).

Las temperaturas bajas del agua pueden causar disminución de los asentamientos en áreas cercanas al extremo de la distribución de la especie (Ward 1989). Las temperaturas altas, dentro del intervalo de tolerancia de la especie, reduce el período de intermuda, por lo que, las langostas pueden crecer más rápidamente (Chittleborough 1975).

1.7 IMPORTANCIA DE LAS INVESTIGACIONES DEL RECLUTAMIENTO DE POSTLARVAS

Las predicciones de las capturas a partir del reclutamiento es una tarea ineludible, tiene una gran aplicación en los procesos que regulan la dinámica de poblaciones y el manejo de las pesquerías (Cruz 1999). El conocimiento de los patrones de reclutamiento¹ de postlarvas de un recurso pesquero bentónico es de suma importancia para su adecuado manejo, ya que es el mecanismo principal por medio del cual se repuebla un área explotada (Phillips 1986). Independientemente de su lugar de origen, la abundancia de los puérulos presentan ciertos patrones de reclutamiento a la costa, los cuales pueden brindar información sobre la futura magnitud de las capturas comerciales (Phillips 1986). Se ha establecido una relación estrecha entre el nivel de asentamiento de puérulos y la abundancia subsiguiente de reclutas a las pesquerías de langostas. Por ejemplo, en México el reclutamiento a la zonas de pesca de *P. argus*, se da 1.7 años después de su asentamiento como postlarvas (alrededor de 2.2 años de edad) (Fig. 2) y en Australia en un período de cuatro años para *P. cignus* (Hancock 1981, Morgan *et al.* 1982, citado en Pearce y Phillips 1988, Lozano *et al.* 1991a, Lozano *et al.* 1991 b).

¹ El termino “reclutamiento” se utiliza en este trabajo como el número de individuos que sobreviven hasta un estadio de vida determinado (Fogarty *et al.* 1991, en Briones 1992).

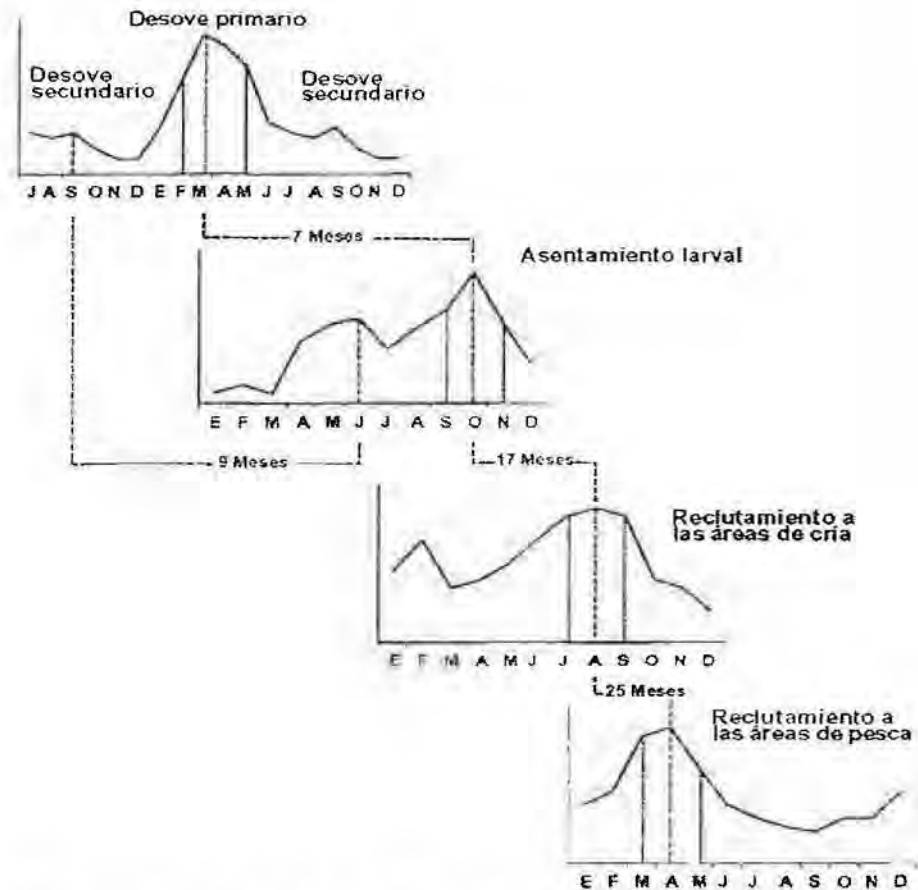


Figura 2. Historia del ciclo de vida de *P. argus* en la región Caribe, Golfo de México y Florida, basado en los índices temporales de reproducción, asentamientos postlarvales y el reclutamiento a las zonas de pesca, tomado de Arce y de Leon (2001).

1.8 METODOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN UTILIZADAS EN LA FASE PUÉRULO

Diferentes tipos de colectores han sido desarrollados para las capturas de la fase puérulo de *P. argus* en diferentes áreas. En la región del Caribe, Golfo de México y la Florida se han desarrollado tres tipos de colectores para la investigación de los niveles de asentamientos (Cruz *et al.* 2001):

- ☛ **Colector Witham** (Witham *et al.* 1968): está construido con un flotador de poliuretano de 30 cm² y 2.5 cm de grueso, con láminas formadas por un tejido de nylon de 30 cm de ancho y 15 cm de largo atados por un lado. El flotador se cubre con resina de fibra de vidrio para que soporte las condiciones ambientales (Anexo 2a). Este colector se le

han realizado algunas modificaciones y son usados en la Florida, Bahamas, Antigua y Grenada (Booth y Phillips 1994).

Colector Gu-Si (Gutiérrez *et al.* 1992): usado específicamente en el Caribe Mexicano. Está construido de una cubeta de 20 litros invertida, con la superficie exterior cubierta de mechones de fibra sintética (filástica) simulando la vegetación sumergida. La flotabilidad del colector se mantiene con un disco de poliuretano dentro de la cubeta invertida (Fig. 3). El colector se fija con una cuerda a un peso muerto de hormigón.

Colector Phillips (Phillips 1972): creado para la captura de puérulos de la especie *Panulirus cygnus* en el Occidente de Australia (Phillips 1972). Consiste de un marco de aluminio de tres lados, con canales dentro de los cuales se insertan láminas de PVC (61x 35 x 0.6 cm de ancho). En cada lámina de PVC se pegan borlas de material sintético de polipropileno (Anexo 2b). La flotabilidad del colector se logra con boyas de 20 cm de diámetro atadas en la parte interna del colector (Phillips y Booth 1994). Los datos de estos colectores han formado un sistema básico de predicción de las capturas para las pesquerías comerciales en Australia. Este colector se está utilizando con algunas modificaciones en Cuba, para la captura de postlarvas de *P. argus* (Cruz *et al.* 1991).



Figura 3. Colector de postlarvas utilizado en este estudio (Gu-Si).

1.9 MONITOREO DEL RECURSO LANGOSTA

En algunos lugares como Australia, USA, Antigua, Bermuda, Cuba, Grenada, India, Jamaica, Japón y México (Atlántico), se han realizado diferentes tipos de investigaciones en la fase de puérulo de langostas de *Panulirus* y *Jasus* spp., con el fin de proveer animales para el estudio en laboratorio, estudio de niveles de asentamiento de puérulos y con propósitos de maricultura (Ehrhardt 2001).

La fase postlarval tiene gran importancia en los procesos de monitoreo del recurso langosta. En la región del Caribe, Florida y Golfo de México, los programas de seguimientos de la población de langostas tuvieron sus inicios en 1987 (Cruz *et al.* 1991, Briones 1994). Cuba y México tienen un sistema de predicción establecido a partir de los datos de asentamiento postlarvales de *P. argus* (Cruz 2002).

1.10 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL TRABAJO

Esta investigación surge como respuesta a la solicitud realizada por un grupo de pescadores artesanales de Cahuita, a través de la Fundación Internacional para la Conservación del Caribe (FICCAR) a la Universidad de Costa Rica (UCR). Los pescadores solicitaron apoyo científico para determinar las causas de la disminución del recurso langosta y su posible manejo sostenible.

Este estudio pretende aportar conocimiento científico de los patrones de asentamientos de las postlarvas de *Panulirus argus* en la zona Caribe de Costa Rica, específicamente en el Parque Nacional Cahuita, como zona piloto. El nivel de asentamiento de puérulos, es un indicador del nivel de las capturas de la pesquería futuras (Phillips 1986). Esto permite a los pescadores y las personas que los financian tomar decisiones con algún conocimiento de las posibles tendencias de la pesquería futura (Caputi y Brown 1986). La información obtenida debe servir como base para un programa de gestión integrada para un manejo sostenido del recurso langosta en el Caribe costarricense.

Los objetivos generales de la presente investigación son: 1) analizar la distribución y abundancia de reclutas de la Familia Palinuridae (Decapoda); y 2) establecer los criterios para el monitoreo del recurso langosta a nivel de reclutas.

Los objetivos específicos son: 1) identificar las especies y los diferentes estadios de desarrollo de las postlarvas de langosta recolectadas en colectores; 2) comparar abundancia de reclutas entre las estaciones de muestreo; 3) evaluar la distribución de postlarvas en relación con los factores ambientales; y 4) desarrollar recomendaciones para un plan de seguimiento a nivel de postlarvas.

II. METODOLOGÍA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en el cantón de Talamanca, provincia de Limón, Costa Rica, en el Parque Nacional Cahuita (Fig. 4), entre los meses de marzo y agosto del 2004. Las temperaturas promedio de esta región varían a lo largo del año entre los 25-27 °C en toda la costa; el promedio de precipitación varía entre 2632 - 3570 mm (Instituto Meteorológico Nacional 2003). El Parque Nacional Cahuita fue establecido por decreto ejecutivo N° 1236 del 24 de setiembre de 1970. Este consiste de 1100 hectáreas en la parte terrestre y 600 hectáreas en la parte marina.

Morfológicamente el arrecife corresponde al tipo costero o marginal (Cortés 1981), con una barrera externa y una laguna de poca profundidad situada entre la barrera y la costa. El arrecife está formado por una cresta principal que recorre del noroeste al sureste con una distancia de 4 km (Cortés 1981). La cresta crea una laguna arrecifal que presenta profundidades entre 0-3 m, con aguas relativamente calmas. El área recibe vientos del norte, noreste y sureste, y es de esta dirección de donde proviene el oleaje predominante que afecta la zona costera (Bonilla 1984).

Los arrecifes coralinos de la costa Caribe costarricense se encuentra en un estado de deterioro progresivo ocasionado principalmente por una alta sedimentación (Cortés 1990, Campos 1995). El arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita, es un ecosistema costero de gran relevancia por su diversidad de especies (Rojas *et al.* 1998). Entre las especies de coral más característica se encuentra el *Acropora palmata*, *Poritis poritis*, *Montastrea cavernosa* de gran tamaño y *Poritis divaricata* (Cortés 1981). Además, se ha reportado entre otras cosas la presencia de abanicos de mar, erizos e infinidad de peces de colores y tamaños muy variados (Murillo y Cortés 1984, Cortés 1995, Campos 1990). Desde finales de los años setentas, se ha observado un desarrollo coralino pobre, zonas crecientes de coral muerto, aguas muy turbias y una disminución aparente en la abundancia de peces (Cortés 1990).



Figura 4. Localización de las seis estaciones de muestreo (Cahuita y Puerto Vargas), en el *Parque Nacional Cahuita*

2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

Se establecieron seis estaciones de muestreos; tres en Cahuita y tres en Puerto Vargas (Fig. 4). En cada estación se colocaron de dos a cinco colectores (30 colectores en total), con el fin de reducir la varianza en los estimados e incrementar la probabilidad de detectar diferencias significativas (Cruz 1999). Las estaciones III y VI se establecieron un mes después de las estaciones I, II, IV, y V, debido a las malas condiciones ambientales. La distancia entre cada colector por estación de muestreo fue de 50 m (paralelo a la línea de costa). Las estaciones se ubicaron en la parte interna del arrecife coralino, en los parches de arena detrás de la barrera coralina donde la profundidad varía entre 1 - 3 m. Las estaciones se eligieron por su exposición a las corrientes, que transportan las postlarvas (Opresco *et al.* 1973, citado por Umaña y Chacón 1994, Cruz 1999). Las características del fondo de todas las estaciones de muestreo fueron similares; presencia de restos de coral, pastos marinos (*Thalassia testudinum*) y algas rodófitas principalmente.

2.3 TIPO DE COLECTOR

El tipo de colector que se usó, es el propuesto por Gutiérrez *et al.* (1992) que se basa en el modelo utilizado en Australia (Phillips 1972). A este colector se le denomina "Gu-Si" (Fig. 3). Fue escogido por su bajo costo, fácil de maniobrar y alta eficiencia en la retención de postlarvas de *P. argus*. Los colectores después de sumergidos toman el aspecto de un conglomerado de algas a los pocos días (Cruz 2002).

2.4 ESTRATEGIA DE COLECTA

Se muestreo cada estación dos veces al mes; un día después de cada fase de luna nueva y cuarto creciente (Phillips 1972, Phillips y Hall 1978, Briones y Gutiérrez 1991, Briones 1992, Umaña y Chacón 1994, Cruz 2002). El estudio se realizó en un período de seis meses (marzo - octubre del 2004). Durante el muestreo, los colectores fueron sacados de agua y sacudidos en un recipiente plástico. El contenido del recipiente fue filtrado con ayuda de un tamiz y los puérulos fueron separados del resto de la fauna y flora acompañante. Se contó el número de puérulos por cada colector. Se determinó el índice de asentamiento de puérulos (I_p), representado como la

abundancia total de postlarvas entre el número total de veces que se revisaron los colectores "Gu - Si" (Cruz 1999).

$$\text{Índice de puérulos (Ip)} = \text{Número de puérulos} / \text{Número de colectores}$$

La Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE), fue determinada por la división del número total de postlarvas capturadas en cada colector, por el número de colectores revisados en cada estación de muestreo por cada período lunar (luna nueva y cuarto creciente) y durante los seis meses de investigación.

Para la determinación de la distribución y abundancia en relación a los factores ambientales, se tomaron datos de temperatura superficial, salinidad y visibilidad del agua al momento de cada muestreo de forma directa (Spotte 1979, en Umaña y Chacón 1994). La temperatura fue medida con un medidor de oxígeno marca YSI-2000. La medición de la salinidad fue realizada con un refractómetro manual y la visibilidad del agua fue medida con un Disco de Secchi.

2.5 IDENTIFICACIÓN

2.5.1 ESPECIES

Las postlarvas colectadas se fijaron en formol al 5 %. Se identificaron las postlarvas capturadas de acuerdo a las comparaciones de las características morfológicas externas entre las especies *P. argus* y *P. guttatus* propuestas por Briones y McWilliam (1997) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características principales que diferencian a las postlarvas (puérulos) de *Panulirus argus* y *P. guttatus*. Modificado de Briones y MacWilliam (1997).

	<i>P. argus</i>	<i>P. guttatus</i>
Longitud total (Lt, mm)	16 - 19 ^A	27 - 28 ^A
Longitud del cefalotórax (Lc, mm)	5.4 – 6.5	10.0 - 10.5
Espinas esternales	ausentes	presentes
Forma de las antenas	en punta	espatulada
Longitud de las antenas en relación a Lt	x 1.5	x 2.5
Parte anterior del plato pleural abdominal	liso	aserrado

A: tomado de Negrete 1995

2.5.2 ESTADIOS

Las postlarvas colectadas se clasificaron por sus diferentes estadios de desarrollo, según la clasificación de Cruz (2002) (anexo 3);

- ☞ **Puérulo (P)**. Completamente transparente, sólo con los ojos pigmentados.
- ☞ **Puérulo I (P1)**. Ligeramente pigmentado lateralmente; cuerpo deprimido y transparente.
- ☞ **Puérulo II (P2)**. Pigmentación lateral bien definida de color carmelita pálido; cuerpo deprimido y aún transparente.
- ☞ **Post-Puérulo (PP)**. Ha experimentado una muda; bandas oscuras que recorren ambos lados del cuerpo, en las patas son fragmentadas.
- ☞ **Juvenil (PJ)**. Ha experimentado dos o más mudas; poseen la coloración disruptiva de la especie; exoesqueleto duro, cilíndrico y con numerosas espinas.

Esta clasificación permite discernir cualitativamente cuando una langosta, que no fue capturada y que mudó al menos dos veces en el colector, se fijó al dispositivo (Cruz 2002). Las muestras fueron depositadas en el Museo de Zoología de la Escuela de Biología (Universidad de Costa Rica).

2.6 MEDICIONES BIOMÉTRICAS

Para las mediciones biométricas se utilizó un Vernier (± 0.05). Se tomaron datos de longitud total (Lt; desde el margen anterior entre las espinas rostrales, hasta el extremo del telson) y longitud cefalotorácica (Lc; desde el margen anterior entre las espinas rostrales hasta el margen posterior del caparazón cefalotorácico) (Herrnkind y Butler 1986, Pérez *et al.* 1992).

2.7 PERSPECTIVAS PARA EL MONITOREO DE POSTLARVAS

Para desarrollar las bases de un plan de monitoreo a nivel de reclutas, se tomaron los criterios económicos, institucionales y de las comunidades pesqueras relacionadas con el recurso. El dos de octubre del 2003, se realizó un taller titulado “*Recurso langosta y su vinculación con la comunidad ¿Dónde estamos y a dónde vamos?*”, para visualizar las perspectivas de la comunidad y las diferentes organizaciones acerca del monitoreo de reclutas y su importancia dentro de un programa de gestión integral del recurso. El taller fue realizado en la comunidad de Cahuita con la participación de los pescadores de Cahuita, Asociación de Desarrollo de Cahuita, Fundación Internacional para la Conservación del Caribe (FICCAR), Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA), Municipalidad de Talamanca, Universidad de Costa Rica (UCR), Colegio Universitario de Limón, Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), Telesecundaria de Cahuita y JAPDEVA.

2.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El efecto de la ubicación geográfica de cada colector sobre la captura de reclutas de langostas, se calculó a partir de una ANOVA bifactorial (Sokal y Rohlf 1973) entre los conteos de puérulos por colectos y mes en cada una de las zonas de muestreo por separado. La variable dependiente

fue el número de postlarvas capturadas y las fuentes de variación fueron los meses (marzo-agosto) y las estaciones de muestreo. Se utilizó una prueba de t-student (Sokal y Rohlf 1973) para la comparación de medias para determinar diferencias entre los conteos medios de recolección por estación de muestreo. También se efectuó un análisis de correlación para determinar las relaciones entre la abundancia y los factores ambientales.

III. RESULTADOS

3.1 IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES Y ESTADIOS

Durante el periodo de marzo - agosto del 2004, se colectaron un total de 348 postlarvas de langostas (anexo 4), de las cuales se fijaron 246; el resto fue liberado en áreas lejanas a las zonas de muestreos después de la toma de los datos correspondiente. Se determinó que las 246 postlarvas fijadas pertenecían a la especie *P. argus*.

Se identificaron los diferentes estadios de desarrollo de la fase de puérulo a 348 postlarvas; la mayoría de los individuos colectados se encontraban en el estadio postpuérulo (PP: 51.1 %), seguido por el estadio P2 (31.3 %) (Fig. 5).

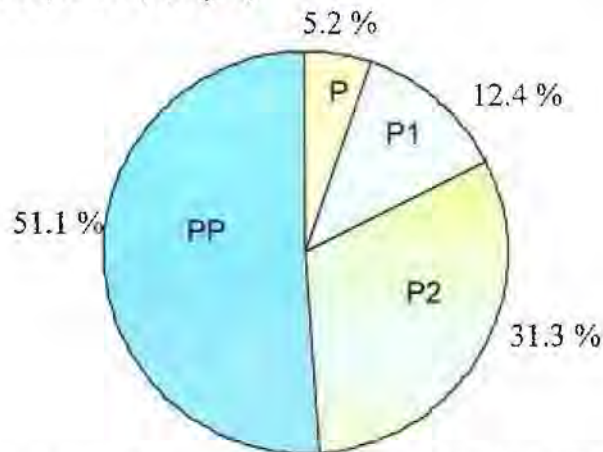


Figura 5. Número de postlarvas colectadas e identificadas (n= 348) en los cuatro estadios de desarrollo de la fase Puérulo, según clasificación propuesta por Cruz (2002). *Puérulo (P)*, *Puérulo I (P1)*, *Puérulo II (P2)*; y *Postpuérulo (PP)*.

El rango de longitud del cefalotórax para los puéruos (P) fue de 4.9-7.1mm; P1 de 5.2-6.7mm; P2 de 5.0 - 7.0 mm; y PP de 5.2 - 8.7mm. El cuadro 2 muestra los promedios de longitud total y cefalotorácica por cada estadio de desarrollo. El análisis de longitudes del cefalotórax en los cuatro estadios mostró diferencias significativas (ANOVA; $p < 0.003$). Las diferencias se presentaron entre los estadios de P y PP; P1 y PP. No hubo diferencias significativas entre los estadios P2 y PP (t-student; $p < 0.05$).

Cuadro 2. Promedios de la longitud del cefalotórax (Lc) y longitud total (Lt) de los cuatro estadios de desarrollo de la fase puérulo (marzo-agosto del 2004).

Estadios	LONGITUD DEL CEFALOTORAX (Lc)		LONGITUD TOTAL (Lt)		N
	Promedios (mm)	DS (±)	Promedios (mm)	DS(±)	
Puérulo (P)	5.83	0.58	16.67	1.32	18
Puérulo I (P1)	5.90	0.38	16.51	1.22	43
Puérulo II (P2)	5.99	0.39	16.97	1.01	109
Postpuérulo (PP)	6.13	0.56	18.27	1.94	178

3.2 PATRONES TEMPORALES

El índice general de asentamiento de puérulos (I_p) fue de 1.12 puérulos/colector (Cuadro 3). La figura 6 muestra las CPUE (puérulos/colector/mes) promedio mensual y se observa que el mes de mayo representó el máximo índice de reclutamiento con 1.72 (puérulos/colector/mes), seguida del mes de agosto con 1.38 ((puérulos/colector/mes). El mínimo se obtuvo en el mes de marzo con 0.36 (puérulos/colector/mes). Las CPUE a lo largo de los seis meses de muestreos no reflejaron diferencias significativas (ANOVA; $p < 0.381$).

Cuadro 3. Índice del asentamiento postlarval de *P. argus* obtenido en el Parque Nacional Cahuita comparado con los índices de puérulos de otros países (marzo – agosto del 2004).

PAÍSES	I_p	COLECTOR	AUTORES
Costa Rica	0.47	Witham modificado	Umaña y Chacón (1994)
Costa Rica	1.12	Gu – Si	Presente estudio
México	1.07	Gu – Si	Briones y Gutiérrez (1991)
Jamaica	2.95	Witham modificado	Young (1991)
E.E.U.U	1.09	Witham modificado	Kojis <i>et al.</i> (2003)
Cuba	13.39 – 29.71	Phillips modificado	Cruz <i>et al.</i> (1991)

I_p : Índice de puérulos

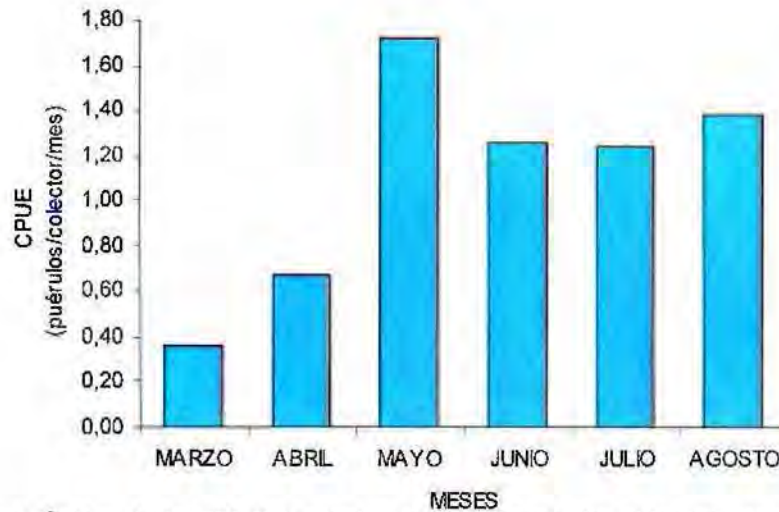


Figura 6. Índice de la CPUE (puérulos/colector/mes) obtenida durante seis meses de muestreo en el Parque Nacional Cahuita (marzo–agosto del 2004)

La mayor cantidad de postlarvas capturadas en los colectores se obtuvo en la fase lunar de cuarto creciente (Fig. 7). Existen diferencias altamente significativas (ANOVA; $p < 0.0001$) entre las fases de luna nueva y cuarto creciente.

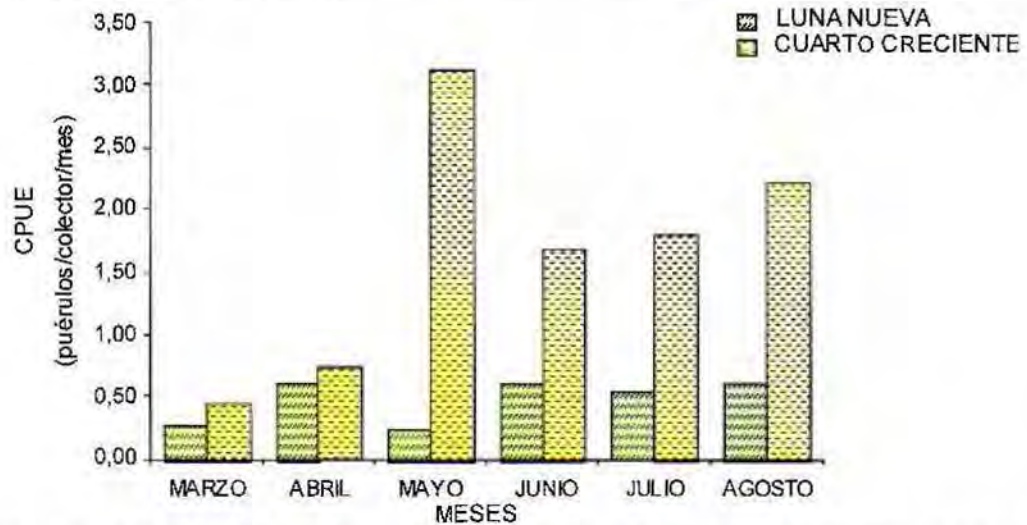


Figura 7. La CPUE (puérulos/colector/fase lunar) promedio en las seis estaciones, durante la fase de luna nueva y cuarto creciente en el Parque Nacional Cahuita (marzo-agosto del 2004).

3.3 PATRONES ESPACIALES

Figura 8 muestra la CPUE (puérulos/colector/mes) promedio de las seis estaciones de muestreo, durante los seis meses de investigación. Las estaciones II y III presentaron los más altos promedios de CPUE, ambas ubicadas en la localidad de Cahuita (Fig.4).

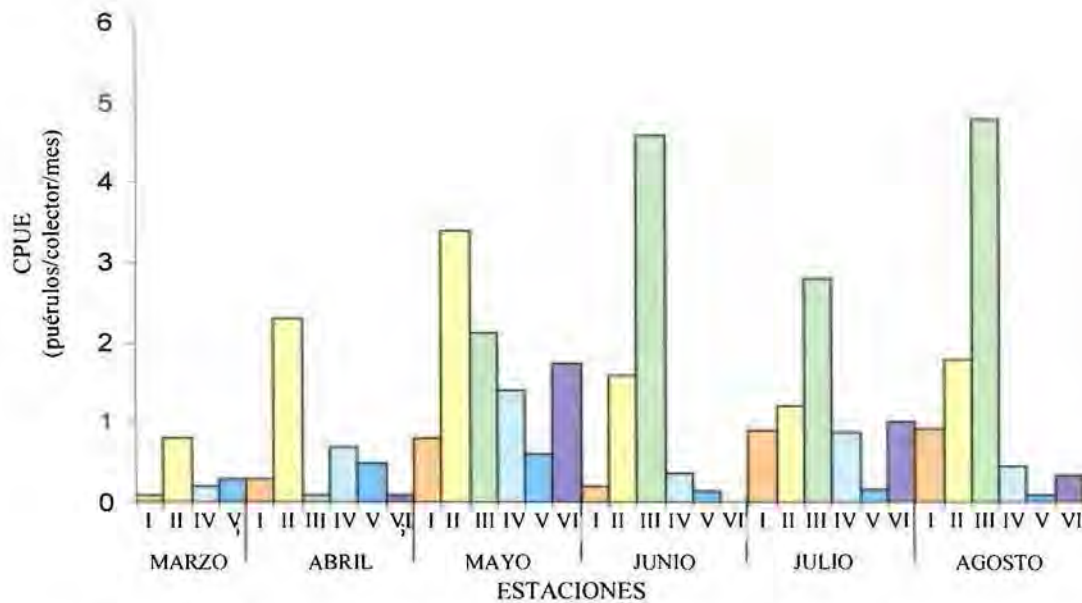


Figura 8. CPUE (puérulos/colector/mes) promedio por cada una de las seis estaciones de muestreo, en el Parque Nacional Cahuita. Las estaciones III y VI fueron establecidas un mes después de las cuatro restantes. (marzo-agosto del 2004).

La comparación entre las CPUE de las seis estaciones, muestra diferencias altamente significativas (ANOVA; $p < 0.0001$). Las estaciones de muestreo se agruparon en dos zonas (de acuerdo a su ubicación) (Fig. 4) y se realizó un ANOVA, obteniéndose de igual forma diferencias significativas entre las zonas (Tabla 3), siendo la zona de Cahuita la que sobresale en mayor número de individuos capturados.

Cuadro 4. Resultados del análisis de varianza de dos factores aplicado a los valores transformados $\log(x+1)$ del número promedio de postlarvas capturadas en cada zona de muestreo y por cada mes (de las seis estaciones de muestreo).

Análisis de Varianza

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	P
ZONAS DE MUESTREO	0.538	1	0.538	10.647	0.002
MESES	0.282	5	0.056	1.115	0.363
ZONA DE MUEST.x MESES	0.230	5	0.046	0.909	0.482
Error	2.831	56	0.051		

$p < 0.005$

3.3.1 ZONA DE CAHUITA

La estación I tiene diferencias significativas con las estaciones II y III (t-student; $p < 0.05$). En las estaciones II y III se obtuvieron los mayores asentamientos postlarvales, además no hubo diferencias significativas entre ellas (t-student; $p < 0.05$). En la estación III, a pesar de que se estableció un mes después de la estación I y II, se obtuvieron las mayores capturas con ocho (puérulos/colector) en el mes de agosto, junio con siete (puérulos/colector) y julio con cuatro (puérulos/colector); todos colectados en la fase de cuarto creciente.

3.3.2 ZONA PUERTO VARGAS

Las tres estaciones de la zona de Puerto Vargas no tuvieron diferencias significativas (ANOVA; $p < 0.355$) entre ellas. Se realizó una prueba de t-student para comparar las medias de las tres estaciones de Puerto Vargas con las medias de las estaciones de Cahuita se obtuvo que las estaciones IV, V y VI son comparable con las estación I de Cahuita, no así con las estaciones II y III.

3.4 FACTORES AMBIENTALES

3.4.1 TEMPERATURA

El promedio mensual de la temperatura superficial del mar al momento de la revisión de los colectores no muestra diferencia significativas a través de los seis meses y en las zonas de muestreo. El máximo de temperatura promedio se presentó el mes de agosto con $30.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el mínimo en el mes de marzo con $28.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Fig. 9). Se realizó un análisis de correlación entre la temperatura promedio y las CPUE de cada mes, encontrándose una muy baja correlación ($r = 0.175$) entre estas dos variables.

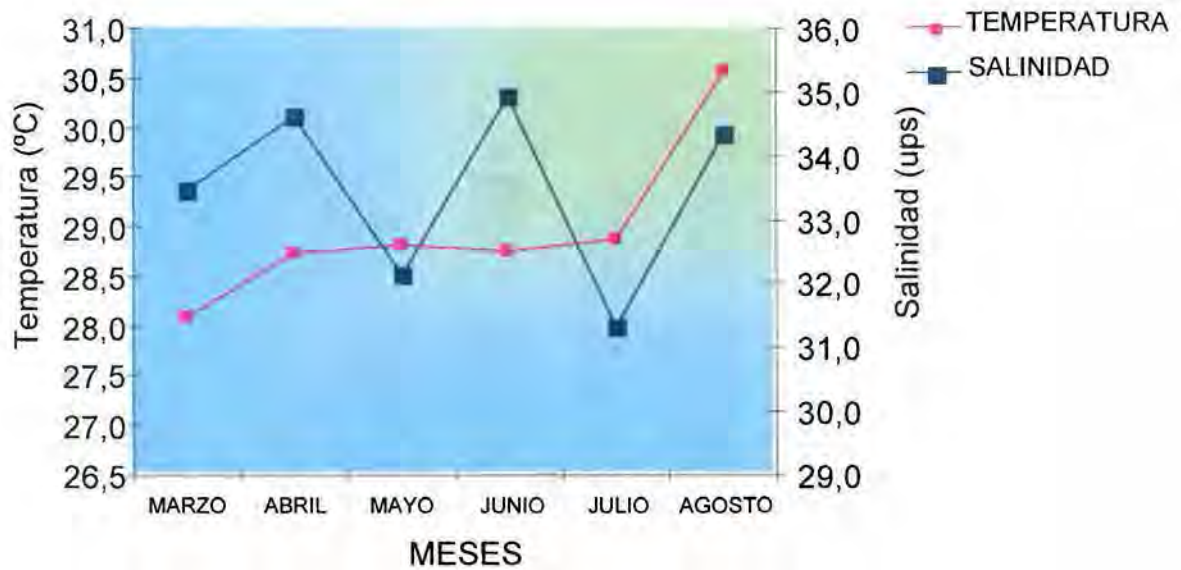


Figura 9. Temperatura y salinidad promedio de la superficie del mar en las seis estaciones de muestreo en el Parque Nacional Cahuita (marzo-agosto del 2004).

3.4.2 SALINIDAD

Se obtuvo la mayor salinidad para el mes de junio con 34.9 ups y el mínimo en el mes de julio con 31.3 ups (Fig. 9). La salinidad a través de los seis meses de estudio presentó diferencias altamente significativas (ANOVA; $p < 0.0001$), pero no entre las estaciones de muestreos a lo largo de los seis meses de investigación. Se realizó un análisis de correlación entre la salinidad promedio y las CPUE de cada mes, encontrándose una baja correlación ($r = -0.201$) entre estas dos variables.

3.4.3 VISIBILIDAD

Durante el período de muestreo, la visibilidad no presentó un patrón establecido, existiendo diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) en los seis meses. Al comparar entre las dos zonas de muestreo durante los seis meses, no hay diferencias significativas ($p < 0.05$). En los meses de marzo y julio se presentó el 100 % de visibilidad (hasta el fondo marino). En el mes de mayo se obtuvo el 75 % de visibilidad, pero fue el mes de mayores capturas promedio de postlarvas (Fig. 10). Se realizó una correlación entre el índice promedio mensual de asentamiento de postlarvas con el factor de visibilidad (promedio mensual), el cual muestra baja correlación ($r = 0.064$) entre estas dos variables.

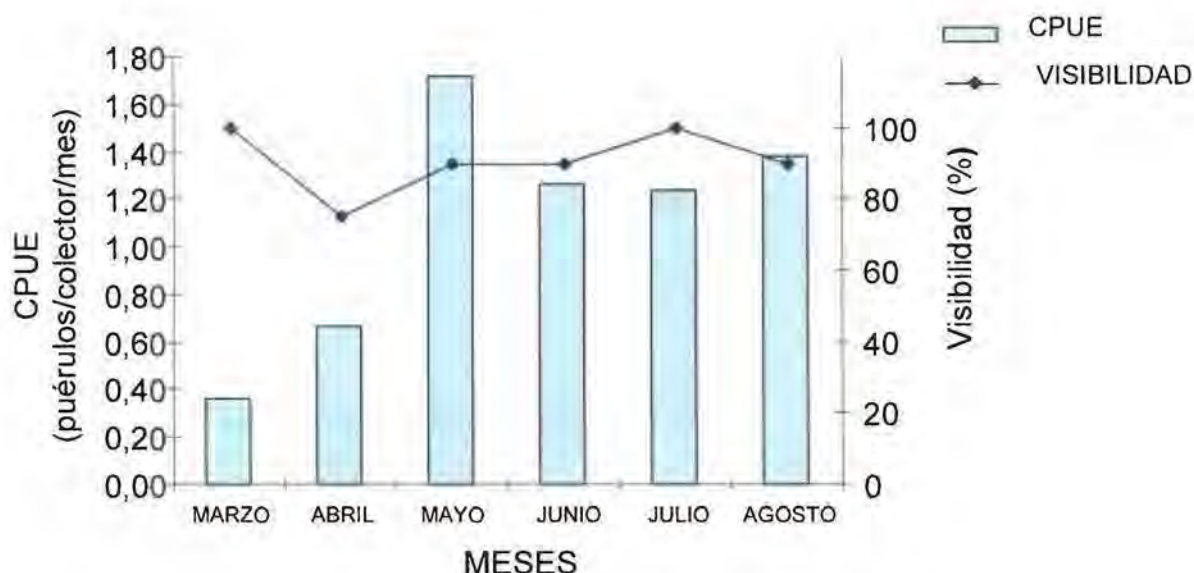


Figura 10. CPUE (puérulos/colector/mes) y turbidez del agua al momento de la colecta de las postlarvas en el Parque Nacional Cahuita (marzo-agosto del 2004).

3.5 PERSPECTIVAS PARA EL MONITOREO DE POSTLARVAS

Durante el taller titulado “*Recurso langosta y su vinculación con la comunidad ¿Dónde estamos y a dónde vamos?*”, realizado en la comunidad de Cahuita, Limón, se lograron identificar una serie de problemáticas asociadas con el recurso langosta, tanto por la comunidad, como por el gobierno y organismos no gubernamentales. Algunas de estas problemáticas son: la disminución en el tamaño y cantidad de langostas que se capturan; los problemas socio-económicos que tienen los miembros de la comunidad que dependen del recurso langosta; la existencia de poca información biológica sobre las langostas en Costa Rica; la poca comunicación y colaboración que ha existido entre todos los sectores involucrados: universidad, comunidad y sectores políticos y gubernamentales. En conclusión se reconoció la falta de información básica sobre la biología de la especie, por lo que es importante generar este conocimiento en conjunto con los pescadores: la langosta es un recurso que no se ha monitoreado en forma continua en Costa Rica, por lo que es importante el seguimiento a largo plazo.

Un paso para resolver partes de estas problemáticas fue la creación de una COMISIÓN INTERINTITUCIONAL DEL RECURSO LANGOSTA en Cahuita. Esta comisión estaría integrada por un miembro de cada institución u organismos participante en el taller. El comité central está integrado por las siguientes instituciones: INCOPECA representado por *Ing. Juan*

Luis Córdoba, pescadores de Cahuita representada por **Sr. José McCloud** y Universidad de Costa Rica representada por el **Dr. Ingo Wehrtmann**. Estos tendrán como primera tarea plantear un proyecto de investigación, como insumo para ser aprobado por el plenario del Comité Interinstitucional. Una vez aprobado el proyecto se buscarán los recursos necesarios para su ejecución.

3.5.1 PLAN DE MONITOREO PARTICIPATIVO

La figura 11 muestra un marco práctico para el monitoreo a largo plazo del recurso langosta en su fase postlarval (puérulos). El diagrama muestra un sistema bidireccional de colaboración entre los principales actores. Las tareas de los actores estarían distribuidas de la siguiente forma: 1) Asociación de Pescadores de Cahuita y MINAE, se encargarán de la toma de muestras; con la previa capacitación por parte de la UCR, 2) Universidad de Costa Rica, se encargará del procesamiento y análisis de los datos y 3) INCOPESCA, participando como tomador de decisiones finales en la parte legal. Es importante que estos actores tomen decisiones en conjunto de una forma participativa, la cual es garante de mayores probabilidades de éxito en el monitoreo de postlarvas de langostas. Para el monitoreo se plantea la necesidad de capacitación a los miembros de la asociación de pescadores, INCOPESCA y MINAE, en la recolección de postlarvas de langostas de los colectores "Gu-Si", identificación de estadios y especies a la cual pertenecen. La capacitación estaría impartida por la Universidad de Costa Rica (UCR).



Figura 11. Diagrama del proceso a seguir en el monitoreo del recurso langosta en la fase postlarval (puérulos).

IV. DISCUSIÓN

En las muestras obtenidas en el presente estudio dominaron las postlarvas de *Panulirus argus*. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Briones (1993), la cual reporta que un período de ocho años obtuvieron miles de puérulos de *P. argus* pero solamente dos que corresponden a *P. guttatus*. Los factores que causan la colecta de una sola especie se debe a la especificidad del tipo de colector utilizado ("Gu-Si") y las diferencias ecológicas de las tres especies de la familia Palinuridae (Colinas y Briones 1990, Briones 1995), reportadas para el Caribe costarricense.

Los valores de asentamiento significativamente mayores se presentaron durante la fase oscura de la luna, específicamente en cuarto creciente (Fig. 7). Estos resultados son consistentes con los reportados para el Caribe de México (Briones y Gutiérrez 1991, Briones 1992, Briones 1994). Se han realizado diferentes investigaciones de *P. argus* en diferentes países, en los cuales, se coincide que el reclutamiento de postlarvas de langostas se da durante la fase oscura de la luna, pero sus resultados difieren específicamente de cual período (luna nueva o cuarto creciente) (Little y Milano 1980, Herrnkind y Butler 1986, Briones y Gutiérrez 1991, Briones 1992; 1993, Cruz 2002). Los resultados obtenidos en esta investigación no deben ser definitivos para decidir si solo muestrear en cuarto creciente o luna nueva, se necesitan por lo menos de un año de muestreo para decidir en que fase.

Durante los seis meses de muestreo se obtuvo la mayor cantidad de postlarvas en el estadio PP (postpuérulo) y la menor cantidad fue del estadio transparente P (puérulo). Los resultados concuerdan con los obtenidos en México (Briones 1994) y Cuba (Cruz 2002). Las diferencias entre los dos estadios se deben al tiempo de llegada de las postlarvas a los colectores. Las postlarvas se establecen en los colectores como puérulo (P), sufriendo la primera muda a postpuérulo entre los 4-8 días (Booth y Phillips 1994). El posible factor que estimula la primera muda de la fase puérulo (P) a postpuérulo (PP), es el contacto con un sustrato adecuado en el área costera; en este caso serían los colectores "Gu-Si".

No hubo diferencia en las longitudes del cefalotórax de las postlarvas obtenidas en los estadios P, P1 y P2. Durante estos tres estadios las postlarvas no sufren muda, son estadios en donde solo existe una pigmentación gradual.

Los Puérulos (P2) y postpuérulos (PP) no tienen diferencias entre si en cuanto a la longitud del cefalotórax. A pesar de que entre estos dos estadios se da la primera muda de la postlarva, no hay un crecimiento en longitud, pero sí hay un aumento en volumen; en el estadio P2, es aun aplanada dorsoventralmente y en PP ya tiene el cefalotórax cilíndrico similar a los adultos y la aparición de numerosas espinas en el cefalotórax.

El índice de puérulos (Ip) encontrado en el Parque Nacional Cahuita (PNC) indica un gran potencial en la pesquería de langosta para la zona sur del Caribe costarricense, debido al alto número de postlarvas de langostas que se reclutan a la zona. El cuadro 3 muestra los valores comparativos de los Ip obtenidos en México (igual metodología) y E.E.U.U. (diferente metodología) los cuales son similares a los encontrados en le presente estudio. Estos países exportan alrededor de 475 toneladas promedio de cola de langosta anualmente, mientras que en Costa Rica el promedio anual de desembarques en el litoral Caribe fue de 123,332 kg para el período 1992 – 2001 (INCOPESCA 2003). La discrepancia entre el Ip alto y bajos niveles de pesca de langosta espinosa en el Caribe de Costa Rica podría ser relacionada con la falta de refugios naturales para los juveniles (Briones y Lozano 2001). Dichos autores encontraron (similar al presente estudio) un alto Ip en zonas donde existe una escasez de langostas adultas. Para aclarar las razones de este fenómeno se sugiere realizar más estudios sobre la fase posterior al asentamiento postlarval.

La distribución temporal mostró las máximas capturas por unidad de esfuerzo promedio del asentamiento postlarval en el mes de mayo (Fig. 6). Esto coincide con el período del primer pico de asentamiento de postlarvas (abril – junio) de *Panulirus argus*, reportadas para la región Caribe (Arce y de Leon 2001) (Fig. 2). Las CPUE encontradas en el presente estudios son ligeramente superiores a las reportadas por Umaña y Chacón (1994), en el Refugio de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo. Estos autores utilizaron el colector Witham (Witham *et al.* 1968), con algunas modificaciones.

La zona de Cahuita (estaciones II y III) presentó los máximos asentamientos postlarvales (CPUE). Por lo tanto, se puede argumentar que es por esta zona donde se da la principal entrada de postlarvas de langostas a la laguna arrecifal del Parque Nacional Cahuita. Esta conclusión se refiere solamente a las estaciones analizadas, porque otras áreas que no han sido parte del presente estudio podrían ser todavía más importantes. Las estaciones II y III se perfilan como candidatas para establecerse en el seguimiento a largo plazo. Briones y Gutiérrez (1992) sugieren que un programa de monitoreo a largo plazo, se debe contar con un número reducido de estaciones representativas (Briones y Gutiérrez 1992), pero lo suficientes para reducir la varianza de las estimaciones y aumentar la probabilidad de detectar diferencias significativas (Phillips y Hall 1978).

No existe una relación clara entre el índice de reclutamiento mensual y los factores ambientales (temperatura, salinidad y visibilidad) del agua. Little y Milano (1980) sugieren que la salinidad y temperatura son variables determinantes en la duración de la fase postlarval. En el presente estudio la temperatura y visibilidad no presentaron variaciones significativas que sugieran una alteración en el comportamiento de los asentamientos postlarvales. La salinidad tuvo gran variación durante los seis meses, pero no es causa aparente en la distribución de las postlarvas.

4.1 PERSPECTIVAS PARA EL MONITOREO DE POSTLARVAS DE *Panulirus argus*

El manejo de los recursos costeros debería de ser un proceso integral a largo plazo, en el cual el compromiso de los actores es el factor clave para balancear la conservación de los recursos de biodiversidad con el desarrollo económico de las sociedades. El manejo puede empezar con elementos pequeños (estudios base), que son de gran importancia para los intereses comunes de los grupos sociales y económicos involucrados (Olsen *et al.* 1999).

La creación de una Comisión Interinstitucional sobre el recurso langosta se debe interpretar como una forma de contribuir a la solución de una serie de problemáticas planteadas durante el taller realizado en octubre del 2003. En el taller se reconoció la falta de información biológica y sociocultural relacionada con el recurso langosta (sin esta información es difícil establecer un

manejo sostenible de un recurso). El presente trabajo sobre el reclutamiento de postlarvas de langostas al arrecife de coral del Parque Nacional Cahuita y otros que se realizaron paralelos brindan un pequeño aporte a este fin, y deben servir como base para el monitoreo a largo plazo del recurso.

4.1.1 PLAN DE MONITOREO DEL ASENTAMIENTO POSTLARVAL DE *P. argus*

El plan de monitoreo se basa en la colaboración entre la asociación de pescadores, universidades y organismos gubernamentales; formando un triángulo de cooperación. Con esta estrategia, se brinda la oportunidad a los miembros de la asociación de pescadores de ser los forjadores de su futuro. La toma de decisiones en conjunto permitirá decidir con base científica (universidades, INCOPECA y MINAE) y experiencia empírica (asociación de pescadores) la mejor alternativa a tomar en beneficio del ambiente y el uso sostenible del recurso langosta. En este plan es de suma importancia que los miembros de la asociación participen en la toma de decisiones, y que las universidades y organismos gubernamentales apoyen técnica, científica y económicamente tales decisiones.

El financiamiento puede ser obtenido al inicio a través de entes gubernamentales y posteriormente que sean los propios explotadores del recurso langostas los responsables del financiamiento para el monitoreo. La etapa inicial es la más costosa, una vez determinada las zonas de monitoreo permanente se reducen los costos, debido a que son pocas estaciones y se necesitaría de una sola revisión de los colectores durante el mes. Además, permite una mayor facilidad de colecta de postlarvas (conteos, identificación de especies y clasificación de los estadios por el nivel de pigmentación). Para esto, se requiere de la participación activa de todos los involucrados. Además es necesario el compromiso activo de los pescadores para colaborar con la obtención de datos de capturas anuales los cuales son importante en la creación de un modelo predictivo de las capturas futuras a partir del reclutamiento de postlarvas de langostas.

V. CONCLUSIÓN

La laguna arrecifal del Parque Nacional Cahuita tiene gran importancia en los asentamientos postlarvales de *Panulirus argus* (langosta espinosa). Brinda protección, alimentación y refugio temporal y permanente a la langosta espinosa en diferentes etapas del ciclo de vida.

La abundancia de reclutas postlarvales de *Panulirus argus* obtenida en el presente estudio es comparable a la encontrada en otros lugares (con la misma metodología de investigación) que soportan pesquerías importantes, por ejemplo la pesquería de México.

Los factores que causan la distribución espacial de los asentamientos postlarvales no son claros en el presente estudio. No hay una relación específica entre la temperatura, salinidad y turbidez con respecto al índice de asentamiento de cada estación y por los seis meses.

El período de cuarto creciente representa los mayores asentamientos postlarvales de *Panulirus argus* durante la investigación.

Las estaciones II y III (zona Cahuita) representaron los mayores asentamientos postlarvales de *P. argus*. Por lo que, se sugiere sean utilizadas para un monitoreo permanente de los asentamientos y su posible uso en modelos predictivos.

La mayor cantidad de postlarvas se obtuvieron en el estadio postpuérulo, seguida del estadio Puérulo (P2), Puérulo (P1) y por último Puérulo (P).

Se propone un triángulo de colaboración entre los actores involucrados con el recurso langosta, el cual brindará apoyo en la conservación y protección del recursos langosta y el ambiente que lo rodea. Las bases para el seguimiento están establecidas con el presente trabajo, teniendo como zona piloto el Parque Nacional Cahuita, de donde se debe extender las experiencias hacia otras zonas de la costa Caribe de Costa Rica.

VI. RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones están dirigidas a un posible monitoreo del recurso langosta a nivel de postlarvas en la costa Caribe de Costa Rica. Se recomienda realizar investigaciones puntuales que ayuden a obtener mayor conocimiento acerca del reclutamiento de postlarvas a nivel local (Costa Rica). Por tanto se recomienda lo siguiente:

- ❧ Mejorar la colaboración y comunicación entre los diferentes actores. Esto permitirá el flujo continuo de información necesaria entre los diferentes actores involucrados.
- ❧ Realizar estudios de corriente (velocidad y dirección) a escala local en el Parque Nacional Cahuita y otras áreas de Caribe costarricense. Con el fin de determinar las diferencias en los patrones temporales de reclutamiento de postlarvas a través de las diferencias en la circulación costera a pequeña y mediana escala.
- ❧ Estudio de marcaje y recaptura de juveniles de especies de la familia Palinuridae para determinar el índice de reclutamiento de juveniles, migración y su distribución en la zona Caribe Costarricense.
- ❧ Estudio de viabilidad económica, social y ecológica en el establecimiento de refugios artificiales (casitas). Es importante tomar como modelos los casos de México y Cuba, los cuales hasta el momento han obtenido excelentes resultados que han beneficiado a las comunidades relacionadas al recurso y al ecosistema marino.
- ❧ Establecer un sistema de recolección de datos de langostas (peso, tallas y sexo) capturadas en el Parque Nacional Cahuita en colaboración con los pescadores de la zona y el comité de manejo del parque.
- ❧ Integrarse al esfuerzo de otros países de Centroamérica para la homogeneidad en los datos pesqueros y las medidas de protección del recurso langosta a nivel del Caribe. Es importante la colaboración debido al traslape de poblaciones de langostas que se da en

mar Caribe. La colaboración en la información ya se ha iniciado en algunos países Centroamericano (Nicaragua y Honduras), por lo que se sugiere que Costa Rica se integre a estas iniciativas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Arce, A.M. & M.E., de León.** 2001. Biology. In: FAO Fisheries, Report on the FAO/DANIDA/CFRAMP/WECAFC regional workshops on the assessment of the Caribbean spiny lobster (*Panulirus argus*). Western Central Atlantic Fish. Comm. Rep. 619. 375 p.
- Baisre, J.A. & I. Alfonso.** 1994. Later stage larvae of *Panulirus guttatus* (Latreille, 1804) (Decápoda, Palinuridae) with notes on the identification on phyllosomata of panulirus in the Caribbean Sea. *Crustaceana* 66: 32-44
- Bonilla, A.** 1984. Plan estructural para el desarrollo de la conservación y la recreación del Parque Nacional Cahuita. San José, Costa Rica. 279 p.
- Booth, J.D. & B.F. Phillips.** 1994. Early life history of spiny lobster. *Proceedings of the Fourth International Workshop on Lobster Biology and Management, 1993*. *Crustaceana* 66 (3): 271-294.
- Briones F, P.** 1991a. Marco teórico de la regulación pesquera en langostas. En: Briones F, P. (ed.) Taller regional sobre manejo de la pesquería de la langosta. Inst. Cienc. Mar Limnol. Univ. Nal. Autón. México, Publ. Técn. 1: 1-10.
- _____. 1991b. Consideraciones para el manejo de *Panulirus guttatus* (Latreille) en Quintana Roo. México. In: Briones F, P. (ed.). Taller regional sobre manejo de pesquería de la langosta. Inst. Cienc. Mar Limnol. Univ. Nal. Auton. México, Publ. Tech. 1:81-89.
- _____. 1992. Estado actual de los estudios sobre reclutamiento de postlarvas de la langosta *Panulirus argus* en el Caribe mexicano. En: Guzmán del Proo, S. (ed). *Memorias del Taller México-Australia sobre Reclutamiento de Organismos Bentónicos Marinos, la Paz México, Noviembre 25-29, 1991*. Inst. Politéc. Nal. / Sec. Pesca. 131-142.

- _____. 1993. Reclutamiento de postlarvas de la langosta *Panulirus argus* Latreille, 1804) en el Caribe mexicano: patrones, posibles mecanismos e implicaciones pesqueras. Tesis Doctoral, Fac. Ciencias, Univ. Nal. Autón. México. 40 p.
- _____. 1994. Variability in postlarval recruitment of the spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804) to the Mexican Caribbean coast. *Crustaceana* 66: 326–340.
- _____. 1995. Diferencias y similitudes entre *Panulirus argus* y *P. guttatus*, dos especies de langostas comunes en el Caribe mexicano. *Rev. Cub. Invest. Pesq.* 19 (2): 14-20.
- Briones F, P. & D. Gutiérrez C.** 1991. Variaciones en el patrón de reclutamiento de postlarvas de la langosta *Panulirus argus* en Bahía de la Ascensión, México. *Rev. Invest. Mar.* 12: 45-56
- Briones F, P. & D. Gutiérrez C.** 1992. Postlarval recruitment of the spiny lobsters, *Panulirus argus* (Latreille 1804), in Bahía de la Ascensión, Q.R. México. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.* 41: 492-507.
- Briones F., P. & Lozano, E.** 2001. Effect of artificial shelters (casitas) on the abundance and biomass of juvenile spiny lobsters, *Panulirus argus*, in a tropical reef lagoon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 221: 221 – 232.
- Briones F., P. & P.S. McWilliam.** 1997. Puerulus of the spiny lobster *Panulirus guttatus* (Latreille, 1804) (Palinuridae). CSIRO. Australia. *Mar. Freshwat. Res.* 48: 699- 705.
- Briones F., P., E. Lozano, M. Cabrera & P. Arceo.** 1997. Biología y ecología de las langostas (Crustacea: Decapoda: Palinuridae), p. 81-99. En: Flores H., P., P. Sánchez G., J. C. Seijo, F. Arreguín S. (Eds) Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México. Univ. Aut. Campeche. *EPOMEX* Serie Científica 7.Pp. 81-99.

- Briones F., P., E. Lozano, F. Colinas S. & F. Negrete S.** 1988. Biología y dinámica poblacional de las langostas del Caribe mexicano. Proyecto PCECBNA-021927. Inst. Cienc. Mar y Limnol., Univ. Nac. Autón. Méx. 231 p.
- Campos M, J.A.** 1995. Estado actual de la pesquería de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) en el Caribe de Costa Rica. Informe técnico. 12 p.
- Caputi, N. & R.S. Brown.** 1986. Relationship between indices of juveniles abundance and recruitment in the western rock lobster (*Panulirus cygnus*) fishery. Can. J. Fish. Aquat. Sci. Australia 43:2131-2139.
- Chittleborough, R.G.** 1975. Environmental factors affecting growth and survival of juvenile western rock lobsters *Panulirus longipes* (Milne-Edwards). Aust. J. mar. Freshwat. Res. 26: 177-196.
- Colinas S., F. & P. Briones F.** 1990. Alimentación de las langostas *Panulirus guttatus* y *P. argus* (Latreille 1804) en el Caribe mexicano. An. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 17 (1): 89-106.
- Cortés, J.** 1981. The coral reef at Cahuita, Costa Rica, a reef under stress. Tesis de grado. Master of Science. Hamilton, Ontario. 176 p.
- _____. 1990. Situación actual de los arrecifes coralinos de Costa Rica. Sea Wind 4: 10-13.
- Cruz, R.** 1980. Fecundidad y madurez en la langosta comercial *Panulirus argus* (Latreille, 1804)(Crustácea: Palinuridae) en Cuba. Rev. Cub. Inv. Pesq. 5 (1): 1-27.
- _____. 1981. Metodología para la programación de la veda de langosta. Centro de Investigaciones Pesquera. MIP. 12 p.

- _____. 1999. Variabilidad del reclutamiento y pronóstico de la pesquería de langosta (*Panulirus argus*, Latreille 1804) en Cuba. Tesis Dr. Ciencia Biológicas. La Habana, Cuba. 99 p.
- _____. 2002. Manual de métodos de muestreo para la evaluación de las poblaciones de langosta espinosa. FAO documento técnico de pesca. Centro de Investigación Marinas. Univ.Habana. La Habana, Cuba. 42 p.
- Cruz, R., B. Luckhurst & R. Muller.** 2001. Review of larval recruitment patterns and variability in spiny lobster (*Panulirus argus*). In: FAO Fisheries, Report on the FAO/DANIDA/CFRAMP/WECAFC regional workshops on the assessment of the Caribbean spiny lobster (*Panulirus argus*). Western Central Atlantic Fish. Comm. Rep. 619. 375 p.
- Cruz, R., R. Brito, E. Días & R. Lalana.** 1986. Ecología de las langostas (*Panulirus argus*) al SE de la Isla de la Juventud. I Colonización de arrecifes artificiales. Rev. Invest. Mar. 7 (3): 3-17.
- Cruz, R., M.E. León, E. Días, R. Brito & R. Puga.** 1991. Reclutamiento de puérulos de langosta (*Panulirus argus*) a la plataforma cubana. Rev. Invest. Mar. 12 (1-3): 76-82.
- Ehrhardt, N.M.** 2001. Regional review. In: FAO Fisheries, Report on the FAO/DANIDA/CFRAMP/WECAFC regional workshops on the assessment of the Caribbean spiny lobster (*Panulirus argus*). Western Central Atlantic Fish. Comm. Rep. 619. 375 p.
- Fisher, W.** 1978. Species identification sheets for fishery purposes. Fish. Res. Environm. Div. FAO. Fish. Dept., Roma. 2: 260 p.

- Fogarty, M.J., M.P. Sissenwine & E.B. Cohen.** 1991. Recruitment variability and the dynamics of exploited marine populations. *TREE*. 6 (8): 241-246.
- Gómez, G., R. Guzmán, D. Altire & L. Marcano.** 1999. Aspectos biológicos de la langosta (*Panulirus argus*) en el Archipiélago los Testigos, región oriental de Venezuela. Investigadores del Fondo Nacional del Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP/CIAE-Sucre-Nueva Esparta). Cumamá, Edo. Sucre, Venezuela. 17 (1): 91-109.
- González A., L., A.F. Herrera U., L. Villalobos Ch., Y. Breton, E. López E., E. Breton, E. Houde, D. Roy & C. Benazera.** 1993. Comunidades pesquero-artesanales en Costa Rica. 1 ed. UNA. Heredia, Costa Rica. 184 p.
- Gracia, A. & E. Lozano.** 1980. Alimentación del bagre marino *Netuma platypogon* y su importancia como indicador de reclutamiento de postlarvas de langosta (Decapoda: Palinuridae), Guerrero, México. *Án. Centro Cien. Mar Limnol. Univ. Nac. Aut. México*. 7 (2): 199-206.
- Gutiérrez C., D., J. Simonín D. & P. Briones F.** 1992. A simple collector for postlarvae of the spiny lobster *Panulirus argus*. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.* 41: 516-527.
- Hancock, D.A.** 1981. Research for management of the rock lobster fishery of western Australia. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.* 33:207-229.
- Herrnkind, W.F. & M.J. Butler Cuarto.** 1986. Factors regulating postlarval settlement and juveniles microhabitat use by spiny lobsters *Panulirus argus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 34: 23-30.
- Holthuis, L.B.** 1991. FAO species catalogue. Vol, 13. Marine lobster of the world. An Annotated and Illustrated Catalogue of Species of Interest to Fisheries Known to Date. FAO Fish. Synop. 125. Roma. 13: 292 p.

- Holthuis, L.B. & A. Villalobos F.** 1961. *Panulirus gracilis* Streets y *Panulirus inflatus* (Bouvier), dos especies de langostas (Crustacea, Decapoda) de la costa del Pacífico de América. Anal. Inst. Biol. México, 32 (1-2): 251-273.
- INCOPECA (Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura), CR.** 2003. Estadísticas pesqueras (en línea). San José, CR. Consultado 3 feb. 2003. Disponible en http://www.mag.go.cr/incopesca/estadis2_3.htm
- Instituto Meteorológico Nacional.** 2003. Gestión de información y comercialización; Promedios mensuales de datos climáticos, Limón. Costa Rica. 8 p.
- Kojis, B.L., Quinn, N.J. & Caseau, S.M.** 2003. Recent settlement trends in *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) pueruli around St. Thomas, U.S. Virgin Islands. Rev. Biol. Trop. 51(4): 17 – 24.
- Lewis, J.B., H.B. Moore & W. Babis.** 1952. The postlarval stages of the spiny lobster, *Panulirus argus*. Bull. Mar. Sci. Gulf. Caribb. 2 (1): 324-337.
- Little Junior, E.J. & G.R. Milano.** 1980. Techniques to monitor recruitment of postlarval spiny lobsters, *Panulirus argus*, to the Florida Keys. Florida Dept. Nat. Res., Mar. Res. Lab. Florida Mar. Res. Publ. 37: 1-16.
- Lozano, E.** s.f. Refugios artificiales en la pesquería de langostas del Caribe mexicano. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Estación de Puerto Morelos. 11 p.
- _____. 1994. Análisis del estado de la pesquería de la langosta *Panulirus argus* en el Caribe mexicano. P. 43-55. En: Yañez A, A. (Ed.) Recursos faunísticos del litoral de la Península de Yucatán. Univ. Aut. Campeche. *EPOMEX* Serie Científica, 2. 136 p.

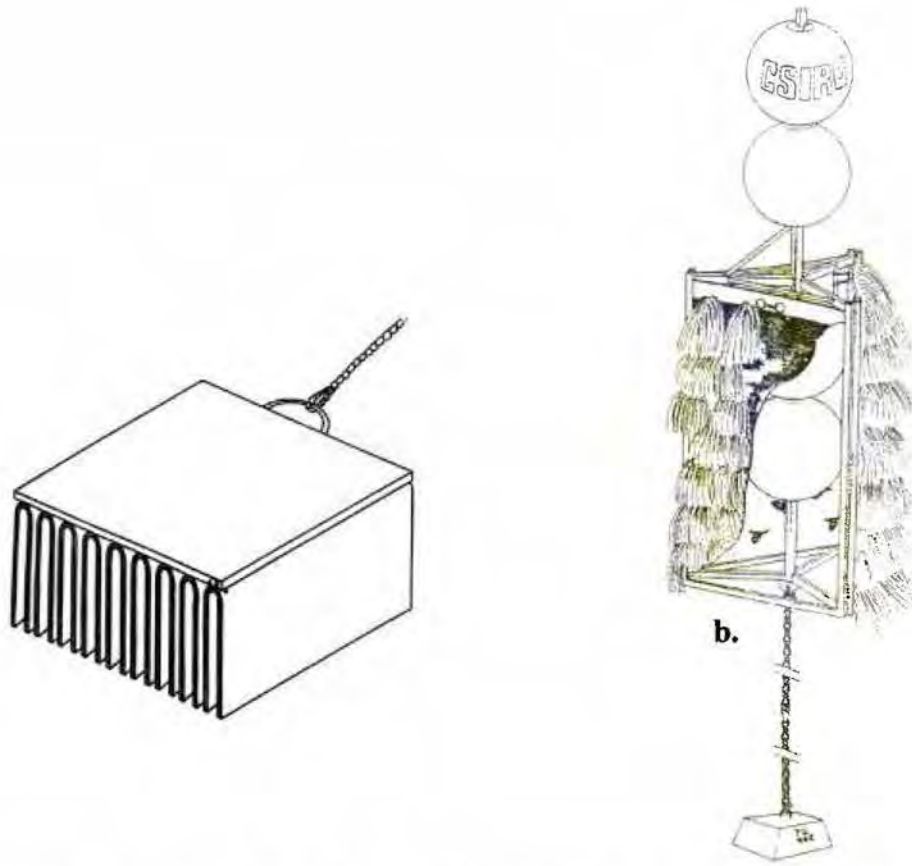
- Lozano, E., P. Briones F. & J. González C.** 1991a. Pesca exploratoria de langostas con nasas en la plataforma continental del área de Puerto Morelos, Q.R., México. *Án. Inst. Cienc. Mar Limnol. Univ. Nac. Aut. México.* 18 (1): 49-58.
- Lozano, E., P. Briones F. & B.F. Phillips.** 1991b. Fishery characteristic, growth, and movements of the spiny lobster *Panulirus argus* in Bahía de la Ascension, Mexico. *Fish. Bull.* 89: 79-89.
- Lyons, W.G.** 1980. The postlarval stage of scyllaridean lobsters. *Fisheries* 5: 47-49.
- Marx, J.M. & W.F. Herrnkind.** 1985. Macroalgae (Rhodophyta: *Laurencia* spp.) as habitat for young juveniles spiny lobster, *Panulirus argus*. *Bull. Mar. Sci.* 36: 423-431.
- Moe Junior, M.A.** 1991. LOBSTERS: Florida, Bahamas and the Caribbean. Green Turtle Publications. Plantation, FL. 510 p.
- Morgan, G.R., B.F. Phillips & L.M. Joll.** 1982. Stock and recruitment relationships in *Panulirus cygnus*, the commercial rock (spiny) lobster of western Australia. *Fish. Bull.* 80: 147-154.
- Murillo, M.M. & J. Cortés.** 1984. Alta mortalidad en la población del erizo de mar *Diadema antillarum* Philippi (Echinodermata, Echinoidea) en el Parque Nacional Cahuita. Limón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32: 167-169.
- Negrete, F.** 1995. Crecimiento de postlarvas y primeros estadios juveniles de la langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en cautiverio. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Univ. Nac. Aut. México. 63 p.
- Olsen, S., K. Lowry & J. Tobey.** 1999. Una guía para evaluar el progreso en el manejo costero. Impresión Artes Gráficas Ilustración. Guayaquil, Ecuador. s.p.

- Opresco, L., D. Opresco, R. Thomas & G. Voss.** 1973. Guide to the lobster-like animals of the Gulf of Mexico and the Caribbean Region. Univ. Miami. Sea Grant Program. NOAA, Sea Grant Report N° 04-3-158-27. Florida. 44 p.
- Pearce, A.F. & B.F. Phillips.** 1988. ENSO events, the Leeuwin Current, and larval recruitment of the western rock lobster. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 45: 13-21.
- Pérez E., P.** 1993. Estudio preliminar sobre la depredación de las postlarvas y primeros estadios juveniles de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804), en la región de Puerto Morelos, Q. R. Informe de Servicio Social Univ. Autón. Metropolitana-Xochimilco. 41 p.
- Pérez G., R., L.M. Flores C. & A. Núñez P.** 1992. Análisis de la Distribución de Tallas. Capturas y Esfuerzo en la Pesquería de las Langostas *Panulirus inflatus* (Bourvier, 1895) y *P. gracilis* Streets, 1871 (Decapoda: Palinuridae) en las Costas de Sinaloa, México. *San Diego Soc. Nat. Hist.* 15: 1-5.
- Phillips, B.F.** 1972. A semi-quantitative collector of the puerulos larvae of the western rock lobster *Panulirus longipes cygnus* George (Decapoda, Palinuridae). *Crustaceana* 22: 147-154.
- _____. 1986. Prediction of commercial catches of the western rock lobster *Panulirus cygnus*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43: 2126-2130.
- Phillips, B.F. & J.D. Booth.** 1994. Design, use and effectiveness of collectors for catching the puerulus stage of spiny lobsters. *Rev. Fish. Scie.* 2(3): 255-289.
- Phillips, B.F. & N.G. Hall.** 1978. Catches of puerulus larvae on collectors as a measure of natural settlement of the western rock lobster *Panulirus cygnus* George. CSIRO Div. Fish. Oceanogr. Rep. No. 98: 1-18.

- Phillips, B.F. & D.L. MacMillan.** 1987. Antennal receptors in puerulus and postpuerulus stages of the rock lobster *Panulirus cygnus* (Decapoda: Palinuridae) and their potential role in puerulos navigation. *J. Crust. Biol.* 7 (1): 122-135.
- Phillips, B.F., G.R. Morgan & R.T. Austin.** 1980. Synopsis of biological data on the western rock lobster *Panulirus Cygnus* (George 1962). *FAO Fish. Sinop.* 128: 1-64.
- Rojas, M.T., J.A. Acuña & O.M. Rodríguez.** 1998. Metales traza en el pepino de mar *Holothuria (Halodeima) mexicana* del Caribe de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46 (2): 215-220.
- Serfling, A.S. & R.F. Ford.** 1975. Ecological studies of the puerulus larval stage of the California spiny lobster *Panulirus interruptus*. *Nat. Oceanic. Atmos. Adm. USA. Fish. Bull.* 73: 360-377.
- Sierra, M.L.** 1996. Evaluación de los recursos pesqueros en el litoral Caribe de Costa Rica: programa Caribe JAPDEVA-UNA. Heredia, Costa Rica. 75 p.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf.** 1973. Introducción a la estadística. Editorial REVERTE, S.A. España. 362 p.
- Spotte, S.** 1979. Fish and invertebrate culture (water management in closed systems). Wiley, Nueva York. 135-144.
- Umaña L., R. & D. Chacón Ch.** 1994. Asentamiento en estadios postlarvales de la langosta *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae), en Limón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 42 (3): 585-594.
- Vargas, R. & J. Cortés.** 1999. Biodiversidad marina de Costa Rica: Crustacea: Decapoda (Penaeoidea, Sergestoidea, Stenopodidea, Caridea, Thalassinidae, Palinura) del Caribe. *Rev. Biol. Trop.* 47: 887-911.

- Ward, J.** 1989. Patterns of settlement of spiny lobster (*Panulirus argus*) postlarvae at Bermuda. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. 39: 255-264.
- Wehrtmann, I.** 2003. Situación de la pesca de langosta en Costa Rica. Memorias del taller Recurso langosta y su vinculación con la comunidad ¿Dónde estamos y a dónde vamos? Cahuita, Costa Rica. s.p.
- Witham, R.R., R.M. Ingle & E.A. Joyce Jr.** 1968. Physiological and ecological studies on *Panulirus argus* from the St. Lucie estuary. Fla. Board Conserv. Mar. Lab. Tech. Ser. 53:1-31.
- Young, R.J.** 1991. A preliminary study of spiny lobster postlarval settlement in a Jamaica south coast. Bay. Rev. Inv. Mar. 12(1-3): 83-99.

VIII. ANEXO



Anexo 1. Colectores utilizados para la captura de postlarvas de *Panulirus argus*. a; colector Witham, utilizado en la Florida y b; colector Phillips utilizados en Cuba, con algunas modificaciones



Anexo 2. Estadios de desarrollo de la fase puérulo, según la clasificación propuesta por Cruz (2002). Puérulo (P), Puérulo I (P1), Puérulo II P2 y Postpuérulo (PP).

Anexo 3. Capturas totales de postlarvas por cada mes, estación y las fases lunares de Luna Nueva (LN) y Cuarto Creciente (CC), además de la cantidad de colectores revisados durante los seis meses de muestreo en el Parque Nacional de Cahuita.

Meses	ESTACIONES												Nº de Colectores	Total Puérulos
	I		II		III		IV		V		VI			
	LN	CC	LN	CC	LN	CC	LN	CC	LN	CC	LN	CC		
Marzo	1	0	3	5	-	-	1	1	0	3	-	-	39	14
Abril	2	1	11	12	0	1	3	4	2	3	0	1	60	40
Mayo	0	8	5	29	0	17	2	12	0	6	0	7	50	86
Junio	0	2	5	11	11	35	1	2	1	0	0	0	54	68
Julio	0	9	5	7	6	22	0	7	1	0	3	7	54	67
Agosto	3	5	2	16	8	32	2	2	1	0	1	1	53	73
Total	6	25	31	80	25	107	9	28	5	12	4	16	310	348

- Estaciones no muestreadas