

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

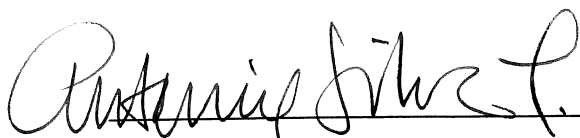
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

**EFFECTO DE LA ABLACIÓN DEL PEDÚNCULO OCULAR EN
LANGOSTA ROJA
(*Panulirus interruptus*. RANDALL, 1840)**

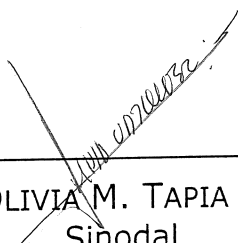
TESIS DE LICENCIATURA
QUE PRESENTA

ALEJANDRO RODRÍGUEZ PRUNEDA

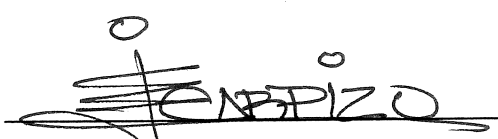
APROBADA POR:



M. C. ANTONIO SILVA LOERA
Director de tesis



M. C. OLIVIA M. TAPIA VÁZQUEZ
Sinodal



DR. EUGENIO CARPIZO ITUARTE
Sinodal



DR. EDUARDO MARTÍN SANTAMARÍA DEL ÁNGEL
Sinodal

RESUMEN

El propósito de este trabajo es evaluar el efecto de la ablación unilateral, en la maduración gonadal de organismos reproductores de langosta roja, *Panulirus interruptus*, fuera de la temporada natural de reproducción. Se determinó el efecto de la ablación unilateral en un grupo de 13 organismos respecto a otro de igual número en el que estos permanecieron intactos. Se realizaron muestreos aproximadamente cada 30 días de tres langostas por grupo, durante un periodo experimental de 113 días. En dichos muestreos se registró el peso y el índice gonadal. Asimismo se realizaron cortes histológicos de las gónadas, mediante los cuales se obtuvo información del estadio de madurez, número de ovogonias, porcentaje de tipos de ovocitos, medidas de ovocitos no vitelados y parcialmente vitelados. También se monitoreó el ciclo de muda de los organismos ablacionados y sin ablacionar. Los resultados indicaron una ganancia en peso del 1.68 % para ambos grupos de organismos, mientras que el índice gonadal de estos disminuyó hacia el final del experimento. El número de ovogonias fue prácticamente constante en todos los organismos (300 células/ovogonia). Los porcentajes de tipos de ovocitos en ambos grupos mostraron una dominancia de ovocitos no vitelados seguida por la presencia de algunos ovocitos parcialmente vitelados y escasas atresias. Estas características indicaron los estadios de reposo y gametogénico en el que se encontraron los organismos. El tamaño de los ovocitos no vitelados y parcialmente vitelados, tanto de los organismos ablacionados como de los no ablacionados, mostró poca variación durante el experimento. Indicando que fue el estado de reposo reproductivo de las gónadas el que prevaleció. Los organismos de ambos grupos iniciaron el experimento en la etapa de intermuda y hacia el final de éste, se encontraron indicios de premuda temprana para ambos grupos. Los resultados encontrados demostraron que la ablación no promovió la madurez de los organismos, ya que en ambos grupos se observaron características similares en los parámetros evaluados. Esto se atribuye a que las bajas condiciones de temperatura registradas durante el experimento enmascararon o inhibieron el efecto de la ablación.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por ser quienes son y por haberme dado las alas para volar.

A Mariana, por haberme hecho conocer el amor en toda su expresión.

A todos los amigos que han estado conmigo durante estos años formado una familia en la cual puedo confiar, y se que apesar de los distintos caminos que tomemos, cada uno ha aprendido del otro y eso nos mantendrá en contacto.

A Antonio Silva, por haberme brindado su amistad e invitarme y guiarme dentro del fascinante mundo de la investigación aplicada.

A mis sinodales, Olivia Tapia, Eduardo Santamaría y Eugenio Carpizo por sus aportaciones en este trabajo.

A la Sociedad de Producción Rural Litoral de Baja California. S. de P. R. de R. L., por haber proporcionado los organismos para el presente estudio.

A Antonio Sesma, por su apoyo e iniciativa para realizar investigaciones en la langosta.

A Carlos Losoya, por su amistad y apoyo.

Al Centro Regional de Investigación Pesquera del Sauzal de Rodríguez, por haberme permitido realizar parte de mi trabajo en su institución.

A Julián Castro, por su tiempo y conocimientos brindados.

GRACIAS

ÍNDICE

SECCIÓN	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	7
MÉTODO	7
Evaluación del efecto de la ablación	10
Análisis histológico	11
Caracterización de los estadios del ciclo de muda	17
RESULTADOS	19
Peso	19
Índice gonadal	21
Análisis histológico	22
Número de ovogonias	22
Variación porcentual de tipos de ovocitos	24
Medición de ovocitos no vitelados	28
Medición de ovocitos parcialmente vitelados	30
Caracterización de los estadios del ciclo de muda	34
DISCUSIÓN	37
Peso	37
Índice gonadal	38
Número de ovogonias	41
Variación porcentual de tipos de ovocitos	43

ÍNDICE

SECCIÓN	PÁGINA
Ovocitos no vitelados	44
Ovocitos parcialmente vitelados	45
Caracterización de los estadios del ciclo de muda	47
CONCLUSIONES	49
LITERATURA CITADA	51

LISTA DE TABLAS

TABLA	TÍTULO	PÁGINA
1	Análisis de varianza de una vía para comparar la ganancia neta en peso de langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA). Hipótesis a probar: $H_0: NA = A$; $H_1: NA \neq A$, con un $\alpha = 5\%$. Criterio de decisión: si $F_{calculada} > F_{crítica}$ $\therefore$ se rechaza H_0 . (**) Significancia. (ns) No significancia.	20
2	Análisis de varianza de una vía para comparar el peso de langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA), al inicio y final del experimento. Hipótesis a probar: $H_0: NA_{inicial} = NA_{final}$; $H_1: NA_{inicial} \neq NA_{final}$ y $H_0: A_{inicial} = A_{final}$; $H_1: A_{inicial} \neq A_{final}$, con un $\alpha = 5\%$. Criterio de decisión: si $F_{calculada} > F_{crítica}$ $\therefore$ se rechaza H_0 . (**) Significancia. (ns) No significancia.	20
3	Índice gonadal promedio (IG) durante el experimento en langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA).	21
4	Análisis de varianza de una vía para comparar promedios de índices gonadales (IG) en langostas <i>Panulirus interruptus</i> , ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA), entre los días de muestreos. Hipótesis a probar: $H_0: NA_1 = NA_{34} = NA_{63} = NA_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$ y $H_0: A_1 = A_{34} = A_{63} = A_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha = 5\%$. Criterio de decisión: si $F_{calculada} > F_{crítica}$ $\therefore$ se rechaza H_0 . (**) Significancia. (ns) No significancia.	22
5	Análisis de varianza de una vía en rangos de Kruskal-Wallis, para comparar promedios de número de ovogonias en langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) entre los días de muestreos. Hipótesis a probar: $H_0: NA_1 = NA_{34} = NA_{63} = NA_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$ y $H_0: A_1 = A_{34} = A_{63} = A_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha = 5\%$. Criterio de decisión: si $F_{calculada} > F_{crítica}$ $\therefore$ se rechaza H_0 . (**) Significancia. (ns) No significancia.	23

LISTA DE TABLAS

TABLA	TÍTULO	PÁGINA
6	Comparación múltiple por el método de Dunn's, para promedios de número de ovogonias en langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) entre los días de muestreos. Hipótesis a probar: $H_0: NA_1 = NA_{34} = NA_{63} = NA_{113} = A_1 = A_{34} = A_{63} = A_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha = 5\%$. (**) Significancia. (ns) No significancia.	24
7	Comparación estadística "Z" para proporciones de ovocitos no vitelados (ONV) en gónadas de langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) durante el experimento. Hipótesis a probar: $H_0: NA_1 = NA_{34} = NA_{63} = NA_{113} = A_1 = A_{34} = A_{63} = A_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha = 5\%$. (**) Significancia. (ns) No significancia	26
8	Comparación estadística "Z" para proporciones de ovocitos parcialmente vitelados (OPV) en gónadas de langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) durante el experimento. Hipótesis a probar: $H_0: NA_1 = NA_{34} = NA_{63} = NA_{113} = A_1 = A_{34} = A_{63} = A_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha = 5\%$. (**) Significancia. (ns) No significancia	26
9	Comparación estadística "Z" para proporciones de atresias (atre.) en gónadas de langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) durante el experimento. Hipótesis a probar: $H_0: NA_1 = NA_{34} = NA_{63} = NA_{113} = A_1 = A_{34} = A_{63} = A_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha = 5\%$. (**) Significancia. (ns) No significancia	27
10	Análisis de varianza de una vía en rangos de Kruskal-Wallis, para comparar promedios de diámetros de ovocitos no vitelados (ONV) en langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) entre los días de muestreos. Hipótesis a probar: $H_0: NA_1 = NA_{34} = NA_{63} = NA_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$ y $H_0: A_1 = A_{34} = A_{63} = A_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha = 5\%$. Criterio de decisión: si $F_{calculada} > F_{critica}$ $\therefore$ se rechaza H_0 (**) Significancia. (ns) No significancia.	29

LISTA DE TABLAS

TABLA	TÍTULO	PÁGINA
11	Comparación múltiple por el método de Dunn's, para promedios de diámetros de ovocitos no vitelados (ONV) en langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) entre los días de muestreos. Hipótesis a probar: $H_0: NA_1 = NA_{34} = NA_{63} = NA_{113} = A_1 = A_{34} = A_{63} = A_{113}$ H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha = 5\%$. (**) Significancia. (ns) No significancia.	29
12	Análisis de varianza de una vía en rangos de Kruskal-Wallis, para comparar promedios de diámetros de ovocitos parcialmente vitelados (OPV) en langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) entre los días de muestreos. Hipótesis a probar: $H_0: NA_1 = NA_{34} = NA_{63} = NA_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$ y $H_0: A_1 = A_{34} = A_{63} = A_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha = 5\%$. Criterio de decisión: si $H_{calculada} > X^2_{crítica}$ $\therefore$ se rechaza H_0 . (**) Significancia. (ns) No significancia.	31
13	Comparación múltiple por el método de Dunn's, para promedios de diámetros de ovocitos parcialmente vitelados (OPV) en langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) entre los días de muestreos. Hipótesis a probar: $H_0: NA_1 = NA_{34} = NA_{63} = NA_{113} = A_1 = A_{34} = A_{63} = A_{113}$, H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha = 5\%$. (**) Significancia. (ns) No significancia.	32

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	TÍTULO	PÁGINA
1	Langosta <i>Panulirus interruptus</i> colocada en posición para determinar el estadio de muda mediante la observación de los urópodos.	9
2	Corte del pedúnculo ocular (a) y cauterización de la herida (b) en la langosta <i>Panulirus interruptus</i> .	9
3	Disección de la langosta <i>Panulirus interruptus</i> para la extracción de la gónada.	10
4	Ovocitos en diferentes estadios de crecimiento en gónadas de langosta roja (<i>Panulirus interruptus</i>). a) Ovogonias (Ov), b) Ovocitos no vitelados (ONV), c) Ovocitos parcialmente vitelados (OPV) y d) Ovocitos vitelados (OV).	13
5	Ovocitos en proceso de reabsorción o atresias (atre), en gónadas de langosta roja (<i>Panulirus interruptus</i>). Proceso inicial (a) y fase avanzada (b)	14
6	Gónada de langosta hembra <i>Panulirus interruptus</i> en la cual se muestran las secciones analizadas histológicamente.	15
7	Esquema de un pleópodo de langosta indicando la terminología usada en la determinación de los estadios de muda (tomado de Lyle y MacDonald, 1983).	18
8	Porcentaje del peso con respecto al peso inicial en langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y sin ablacionar (NA) durante el experimento	19
9	Peso promedio en langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y sin ablacionar (NA) al inicio y final del experimento	20
10	Número de ovogonias en gónadas de langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) durante el experimento.	23

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	TÍTULO	PÁGINA
11	Porcentaje de tipos de ovocitos: atresias (atre), ovocitos parcialmente vitelados (OPV), ovocitos no vitelados (ONV) encontrados en gónadas de langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) durante el periodo experimental	25
12	Porcentaje acumulativo de tipos de ovocitos: atresias (atre), ovocitos parcialmente vitelados (OPV), ovocitos no vitelados (ONV) encontrados en gónadas de langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) durante el experimento.	27
13	Variación del diámetro en ovocitos no vitelados (ONV) en gónadas de langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) durante el experimento.	28
14	Variación del diámetro de ovocitos parcialmente vitelados (OPV) en gónadas de langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) durante el experimento.	31
15	Registro diario (línea azul) y promedio (línea roja) de la temperatura durante el periodo experimental (6 de diciembre del 2000 - 28 de marzo del 2002) indicando el tiempo en que se realizaron los muestreos.	33
16	Fotografías del desarrollo de las estructuras de los urópodos en langostas <i>Panulirus interruptus</i> ablacionadas durante el experimento. Tiempo 1 día (a), 34 días (b), 63 días (c), y 113 días (d). Claves: epidermis (Ep), cutícula (Cu), articulación de la seta (AS), línea de unión (LU) y separación (Se).	35
17	Fotografías del desarrollo de las estructuras de los urópodos en langostas <i>Panulirus interruptus</i> sin ablacionar durante el experimento. Tiempo 1 día (a), 34 días (b), 63 días (c), y 113 días (d). Claves: epidermis (Ep), cutícula (Cu), articulación de la seta (AS), línea de unión (LU) y separación (Se).	36

EFFECTO DE LA ABLACIÓN DEL PEDÚNCULO OCULAR EN LANGOSTA ROJA (*Panulirus interruptus*. RANDALL, 1840)

INTRODUCCIÓN

La langosta roja es un recurso pesquero de gran importancia económica en nuestro país debido a su abundancia y alto valor comercial. Su pesquería se lleva a cabo principalmente en el mar Caribe y la costa occidental de la península de Baja California, siendo esta última la zona más reconocida debido a la gran abundancia de este recurso. En ambas zonas del país se han observado amplias fluctuaciones en los volúmenes de captura con una tendencia a la baja, así como una disminución en la contribución de ejemplares de tallas mayores a las capturas totales. Dichas observaciones indican una excesiva presión sobre esta pesquería (Polanco, 1987).

Debido a la importancia del recurso y a la escasez de información referente a procesos reproductivos, se considera pertinente recopilar y generar esta información, para implementar un programa de repoblación que contribuya a la estabilidad de dicha actividad. El presente trabajo forma parte de este esfuerzo y se enfoca en conocer los mecanismos que regulan la maduración en organismos adultos.

Las langostas son crustáceos decápodos representados por cuatro familias: Homaridae, Nephropsidae, Palinuridae y Scyllaridae (Gracia y Kensler, 1980). Estas se encuentran distribuidas principalmente entre las zonas templadas y tropicales de los diferentes océanos (45°N y 45°S de latitud) (Cobb y Phillips, 1980). En el litoral mexicano están presentes todas las familias excepto Homaridae. Existen siete especies de la familia Palinuridae pertenecientes al

género *Panulirus* conocidas como langostas espinosas llamadas así por la gran cantidad de espinas distribuidas en todo el cefalotorax y antenas. En el Océano Pacífico se reportan cuatro especies (*P. interruptus*, *P. gracilis*, *P. penicillatus* y *P. inflatus*), en el Golfo de México y Mar Caribe (*P. argus*, *P. laevicauda*, *P. guttatus*)(Briones-Fourzán, 1995).

Panulirus interruptus figura dentro de las especies más importantes debido a su gran abundancia y valor comercial. Se distribuye desde San Luis Obispo, California, EUA, hasta Cabo San Lucas, Baja California Sur, México (Gracia y Kensler, 1980). Estos organismos habitan entre el límite inferior de la zona intermareal y en ocasiones hasta los 70 metros de profundidad, resguardándose en grietas, hoquedades o cualquier lugar que ofrezca protección (Chapa, 1964).

Su ciclo de vida está dado en tres etapas principalmente: larval, juvenil y adulto. La primera etapa inicia a partir de la eclosión del huevo como larva phyllosoma, así permanecen como parte del plancton aproximadamente de 6-10 meses pasando por doce estadios. Posteriormente se lleva a cabo una metamorfosis en la que la larva se convierte en pequeña langosta transparente conocida como larva puerulus, la cual comienza a nadar activamente hacia la costa buscando residencia en lechos de pastos marinos y otras algas que ofrecen protección, donde permanece aproximadamente dos meses (Chapa, 1964; Gracia y Kensler, 1980). La segunda etapa, comienza como juvenil temprano después de haber encontrado el hábitat adecuado en el fondo marino donde permanece sin realizar migración alguna aproximadamente por seis meses. Posteriormente migran hacia zonas rocosas donde se quedan hasta alcanzar la talla de primera madurez sexual (65 mm de longitud de cefalotorax), dando inicio a la etapa adulta,

caracterizada por la actividad reproductiva (Gracia y Kensler, 1980; Pineda *et al.*, 1981). Chapa (1964) menciona que la época de apareamiento ocurre entre los primeros meses del año durante los cuales el macho adhiere a la hembra el espermatóforo o parche (sustancia viscosa que contiene los espermatozoides), en la región ventral del cefalotorax, donde permanece hasta el momento de la expulsión de los óvulos, en el que la hembra lo rasga para fecundar los ovocitos y fijarlos en las fibrillas de los pleópodos para completar el desarrollo embrionario hasta el momento de la eclosión.

En estudios realizados sobre aspectos reproductivos en *P. interruptus*, Lindberg (1955) indicó, que las langostas de California y norte de Baja California, presentan una reproducción de tipo isocrónica o total (caracterizada por la sincronía en el proceso de gametogénesis), durante el periodo de marzo a septiembre con mayor incidencia en junio. Asimismo, Ayala (1983), indica que en Malarrimo y la Lobera B.C.S., las langostas *P. interruptus* presentan el periodo de desove entre abril y agosto, con mayor intensidad en junio. Además, determinó una escala morfo cromática de gónadas estableciendo cinco estadios reproductivos.

Otro aspecto estudiado en *P. interruptus* es la fecundidad, que al relacionarla con otros parámetros ayuda a evaluar el estado del recurso (Tapia y Castro, 2000). Pineda *et al.*, (1981), determinaron la fecundidad en la costa oeste central de Baja California, encontrando valores de fecundidad absoluta de 91,000 a 1,988 000 óvulos, además de un gradiente latitudinal en donde la fecundidad está en relación inversa con la latitud. A su vez Tapia y Castro (2000), encontraron valores de fecundidad desde 62,570 hasta 467,924 en Punta Eugenia B.C.S.,

donde dichos valores indican la cantidad de individuos que se producen en cada desove.

El proceso de maduración sexual de las langostas está en función de la edad y de las condiciones en el medio marino, principalmente luz, temperatura y disponibilidad de alimento, dichos factores regulan los sistemas hormonales que controlan dicho proceso (Cobb y Phillips, 1980). Las hormonas involucradas en la maduración de estos organismos, se conocen como la hormona inhibidora del desarrollo gonadal (HIG), producida por el complejo hormonal "ÓRGANO X", ó glándula del Seno, que se encuentra en el pedúnculo ocular y la hormona que estimula a la maduración y proceso de muda (HSG), producida por el "ÓRGANO Y" localizado en la región del cerebro y ganglio torácico (Radhakrishnan y Vijayakumaran, 1984).

De acuerdo a dichas características, se han desarrollado investigaciones para manipular los ciclos de maduración y muda. Entre las investigaciones pioneras está la de Zeleny (1905), el cual extirpó ambos ojos de *Uca pugilator* y observó una reducción en el ciclo de muda. La práctica de ablación ocular se ha utilizado en varias especies de crustáceos, especialmente en decápodos (Chang, 1989). Con el avance en el conocimiento de la actividad del sistema endocrino y su control sobre el desarrollo gonadal en los crustáceos, dicha práctica adquirió gran importancia como método para inducir y acelerar la maduración de gónadas para la producción de larvas en cautiverio (Zhang *et al.*, 1997).

En crustáceos, principalmente en Peneidos, se ha logrado manipular los procesos reproductivos mediante la ablación del pedúnculo ocular y el control de factores ambientales, así como una dieta adecuada (Chamberlain, 1985). La

experiencia que se tiene con el método de maduración mediante la ablación ocular es satisfactoria. Dicha técnica se puede llevar a cabo mediante dos procedimientos diferentes: La ablación propiamente dicha, que consiste en extirpar el pedúnculo ocular mediante un corte en la base de este (Muthu y Laxminarayama, 1977) y la enucleación que se lleva a cabo mediante una incisión en el extremo distal del ojo, expulsando el contenido del mismo exprimiéndolo manualmente (Kelemec y Smith, 1980). Ambos procedimientos tienen el fin de remover el complejo hormonal "ÓRGANO X", lo cual favorece la acción de la glándula encargada del estímulo del crecimiento, muda y maduración, favoreciendo de esta manera los procesos descritos (Yano, 1992b). El efecto de la ablación sobre el organismo depende a su vez de la etapa o estadio de muda en que se encuentre. Se sabe, que en camarones que se están preparando para entrar en su "máximo reproductivo", la respuesta es mas favorable en comparación con los que se encuentran entrando en un periodo no reproductivo (Bliss, 1966; Adiyodi y Adiyodi ,1970). De tal manera, que la ablación en camarones durante el periodo de premuda causa la muda, realizada inmediatamente después de la muda causa la muerte y efectuada durante la intermuda causa la maduración (Aquacop, 1977).

La información acerca de la aplicación del método de ablación en langostas no es muy extensa, algunos de los estudios realizados han demostrado que la aplicación de este método provoca un incremento en el crecimiento en especies de la familia Palinuridae, como *Panulirus argus*, (Quakebush y Herrkind, 1981) y en *Panulirus homarus*, especie en la cual se observó un aceleramiento en el desarrollo gonadal, tanto en hembras como en machos, provocado por la ablación

bilateral del pedúnculo ocular (Radhakrishnan-Vijayakumaran, 1984). De acuerdo al trabajo realizado por Juinio-Meñez y Ruinata (1996) en *Panulirus ornatus* la ablación bilateral provoca altas mortalidades, en tanto, la ablación unilateral causó baja mortalidad y resultados mejores en crecimiento en comparación con los organismos no ablacionados.

Los estudios antes mencionados, se centran principalmente en organismos juveniles dejando a un lado a los reproductores, esto debido al interés por buscar acelerar el crecimiento de los juveniles y reducir el tiempo de engorda en cultivo.

El presente trabajo se enfoca, en evaluar el efecto de la ablación en organismos reproductores, ya que el propósito de la investigación es lograr madurarlos en cautiverio y fuera de la temporada natural de reproducción, para que lleguen a producir larvas que se sumarían a la producción natural y que en su momento se incorporarían al stock pescable, con la finalidad a largo plazo de lograr un equilibrio entre las capturas y el ingreso de juveniles a la población. Este tipo de propuestas se han llevado a cabo en algunos países como parte de programas de repoblación, que tienen como finalidad la conservación de la especie para ayudar a la continuidad de la pesquería (Phillips *et al.*, 1994).

La evaluación de la ablación, en la maduración gonadal de las langostas, se realizará mediante criterios anatómicos y métodos histológicos, siendo estos últimos mas confiables, ya que además de indicar el grado de madurez gonadal proporcionan información sobre la anatomía microscópica de los componentes gonadales, como tipos de ovocitos, atresias y folículos postovulatorios, los cuales permiten identificar con mayor probabilidad de acierto el grado de madurez de los ovarios. (Tapia *et al.*, 1997)

OBJETIVOS

- Evaluar el efecto de la ablación unilateral en el proceso de crecimiento, muda y maduración gonadal, en hembras adultas de langosta roja *Panulirus interruptus*, fuera de la temporada de reproducción natural.
- Caracterizar los estadios del ciclo de muda de *Panulirus interruptus* durante la experimentación.

MÉTODO

El presente estudio se llevó a cabo con 29 langostas hembras mayores a la talla legal (82.5 mm), capturadas en la Bahía de Todos Santos durante la temporada 2000-2001 por la Sociedad de Producción Rural Litoral de Baja California. S. de P. R. de R. L.

Las langostas se dividieron en igual número y se colocaron en dos estanques de plástico de 1300 l. de capacidad, en un sistema de flujo continuo de agua de mar y aireación constante. Se les alimentó a diario durante la noche con calamar fresco congelado, retirando los restos de comida y excremento a la mañana siguiente. Se aplicó un baño profiláctico a los organismos mediante el uso de sulfas y verde de malaquita para combatir protozoarios y bacterias. Se registró la variación diaria de temperatura en los estanques durante el experimento. El fotoperíodo se mantuvo en 14 h luz 10 h oscuridad.

A cada langosta se le colocó una banda de plástico enumerada, en la base de la antena, para su identificación. Se registraron las medidas de longitud de cefalotorax (LC), longitud total (LT) y peso correspondientes de cada organismo al

inicio del experimento. Asimismo, se les determinó el estadio de muda (figura 1) de acuerdo a la experiencia adquirida con las observaciones al microscopio del telson y urópodos de las langostas de acuerdo con descrito por Lyle y Mac Donald (1983) y Aiken (1973).

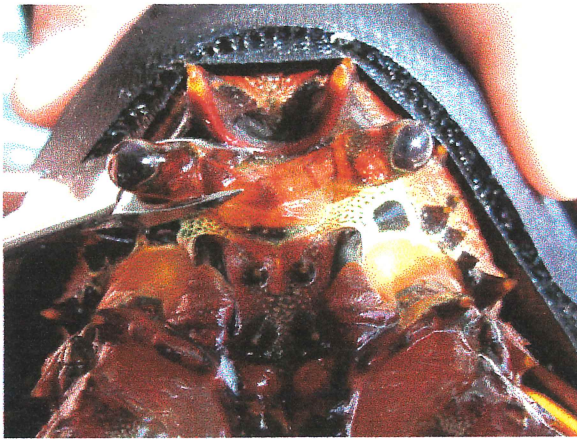
Para analizar el efecto de la ablación en un tiempo determinado, se formaron dos grupos de 13 individuos, uno compuesto por organismos en estadio de intermuda a los cuales se les practico la ablación del pedúnculo ocular (grupo A) y otro en el cual no se ablacionó a los organismos (grupo NA). El procedimiento utilizado para extirpar el pedúnculo ocular fue el descrito por Radhakrishnan y Vijayakumaran (1984), el cual consiste en el corte del pedúnculo ocular en la base del mismo y la cauterización de la herida para evitar pérdida de hemolinfa y minimizar la posibilidad de infecciones (figura 2 a,b).

Al inicio del experimento se sacrificaron 3 organismos para determinar el estadio y peso de las gónadas (figura 3), preservándolas inmediatamente en una solución de formalina buffer (formaldehído 10% neutralizado con fosfato de sodio), para su posterior análisis histológico.

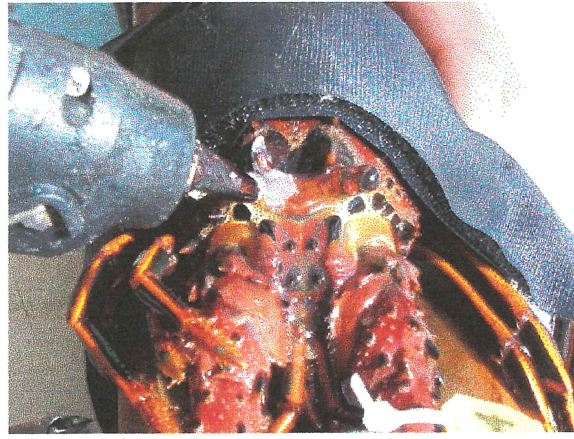
A los 34 y 63 días del inicio se muestrearon 3 organismos de cada grupo anotando las medidas y pesos correspondientes antes de ser sacrificados para el análisis de las gónadas, el cual se llevó a cabo de igual manera que al inicio del experimento. A los 113 días finalizó el experimento sacrificando los organismos restantes de ambos grupos, registrando los mismos parámetros que en los muestreos anteriores.



Figura 1. Langosta *Panulirus interruptus* colocada en posición para determinar el estadio de muda mediante la observación de los urópodos.



a



b

Figura 2. Corte del pedúnculo ocular (**a**) y cauterización de la herida (**b**) en la langosta *Panulirus interruptus*.

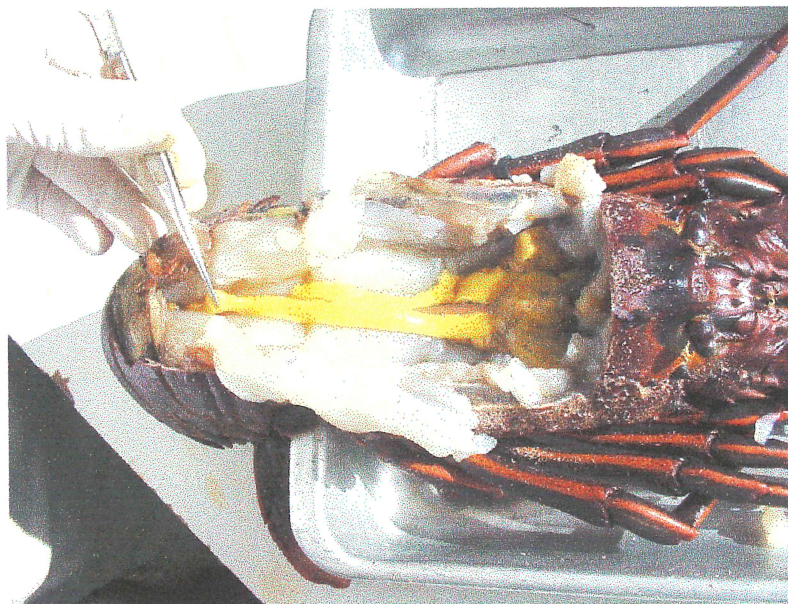


Figura 3. Disección de la langosta *Panulirus interruptus* para la extracción de la gónada.

Evaluación del efecto de la ablación

Se determinó la ganancia neta en peso de los organismos A y NA al final del experimento. Se probó la normalidad de los datos mediante la prueba de Kolmogorov - Smirnov (Zar, 1984) y se compararon mediante un análisis de varianza de una vía (Zar, 1984).

Se calculó el índice gonadosomático (IG) de acuerdo a Minagawa (1997):

$IG = (PHG \times 10^5) / LC^3$ donde, (PHG) es el peso húmedo de la gónada, (LC) la longitud del cefalotorax. Los índices gonadales, se compararon entre los muestreos realizados para cada grupo experimental, mediante un análisis de varianza de una vía en rangos de Kruskal-Wallis (Zar, 1984).

También se realizó un análisis histológico comparativo para observar la anatomía microscópica de los componentes gonadales de ambos grupos a lo largo del experimento, permitiendo identificar con mayor probabilidad de acierto el grado de madurez de los ovarios (Tapia *et al.*, 1997).

Análisis histológico de las gónadas

Para el mejor entendimiento de la terminología usada en esta sección se presenta la descripción de la anatomía microscópica de la gónada y sus componentes en hembras de langosta roja *Panulirus interruptus*.

Descripción microscópica de la gónada y sus componentes

Las gónadas u ovarios están delimitados por una cápsula de tejido conjuntivo denso, con presencia de fibras musculares lisas. Dicha cápsula, penetra en los ovarios formando sacos o cavidades foliculares, conocidas como trabéculas. Incluido en estas se encuentran los ovocitos en distintas etapas de maduración (Tapia y Castro, 2000). En orden de crecimiento, el primer lugar son las células u ovogonias localizadas en la región central de la gónada (figura 4a). Estas representan la etapa inicial de formación de gametos o estadio de multiplicación celular. Tienen un tamaño aproximado de 10 μm y poseen un núcleo casi del tamaño del ovocito, su coloración es basófila (morado mediante la tinción Hematoxilina Eosina H-E). En segundo lugar están los ovocitos gametogénicos llamados ovocitos no vitelados distribuidos generalmente en la zona central de la gónada (figura 4b). Tienen características menos basófilas (pierde intensidad el morado con la técnica H-E) que los anteriores, alcanzan un tamaño máximo

aproximado de 120 μm y representan el estadio de previtelogénesis. En tercer lugar se encuentran los ovocitos parcialmente vitelados que como su nombre lo dice ya han iniciado el proceso de vitelogénesis acumulando gránulos de vitelo en el citoplasma (figura 4c). Estos pierden su basofilia a razón de la acumulación de vitelo, convirtiéndose en acidófilos (cambia de morado tenue a rojizo mediante la técnica H-E). Su tamaño aproximado va desde 130 μm a 450 μm , se distribuyen hacia la periferia de la gónada y representan al estadio de madurez en proceso o vitelogénica (Observado en el presente trabajo). En cuarto lugar están los ovocitos vitelados o maduros (figura 4d), los cuales han llenado su citoplasma con vitelo mostrando una coloración completamente acidófila (rojo brillante mediante la técnica H-E). Estos tienen un tamaño aproximado de 460 μm a 500 μm y ocupan completamente la gónada. Este estadio corresponde a la completa madurez del ovocito y del individuo, es este momento el organismo está listo para desovar. Por último es posible observar en organismos desovados, folículos postovulatorios que son el resultado de la ovulación múltiple al momento del desove, en donde la capa folicular que rodea a cada uno de los ovocitos maduros permanecen en el ovario. Asimismo los restos de ovocitos maduros que permanecen en la gónada inician un proceso de reabsorción en el que forman estructuras conocidos como atresias (figura 5). Estas últimas son características de los estadios de reposo (Tapia *et al.*, 1997).

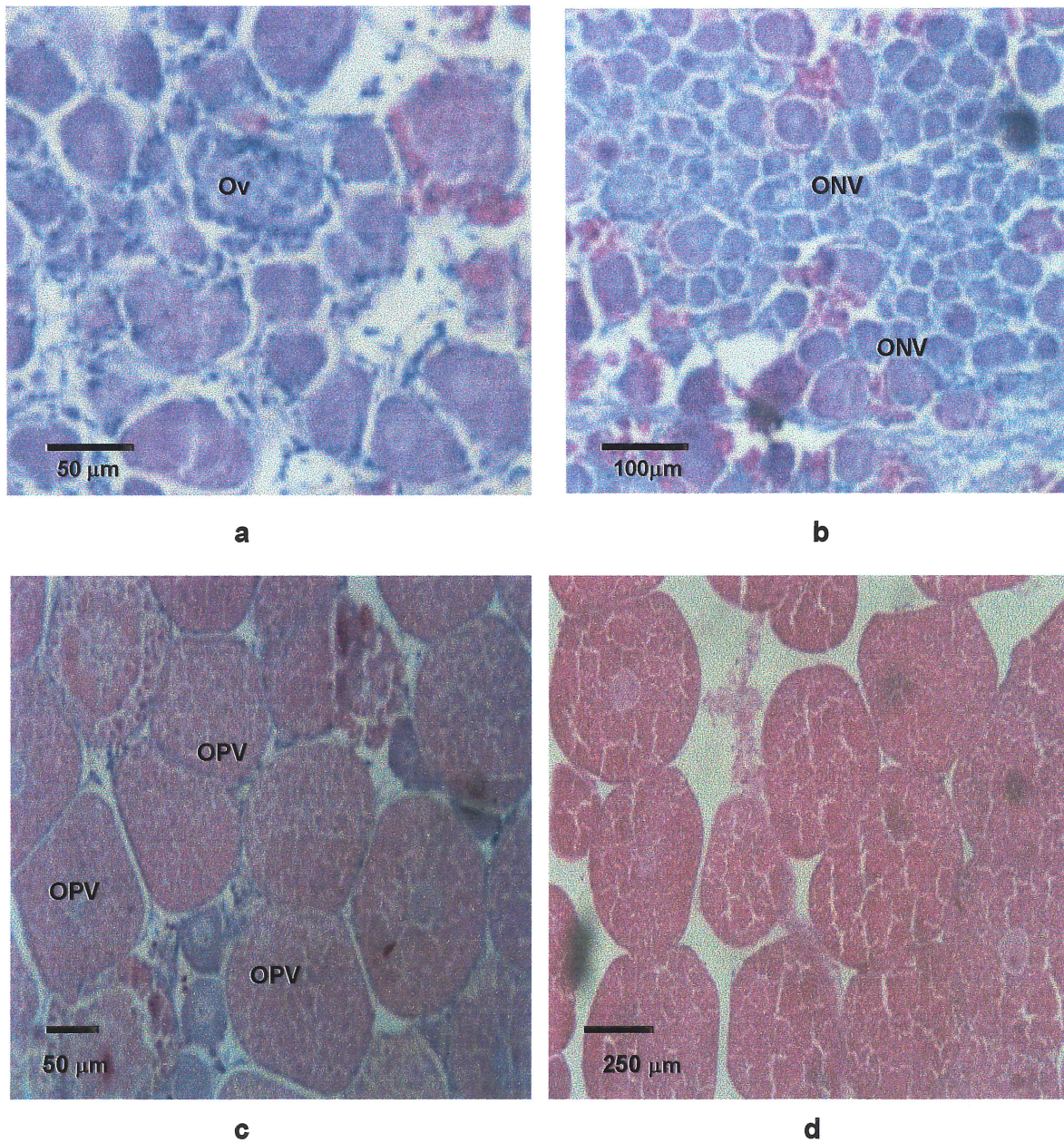


Figura 4. Ovocitos en diferentes estadios de crecimiento en gónadas de langosta roja (*Panulirus interruptus*). **a**) Ovogonias (Ov), **b**) Ovocitos no vitelados (ONV), **c**) Ovocitos parcialmente vitelados (OPV) y **d**) Ovocitos vitelados (OV).

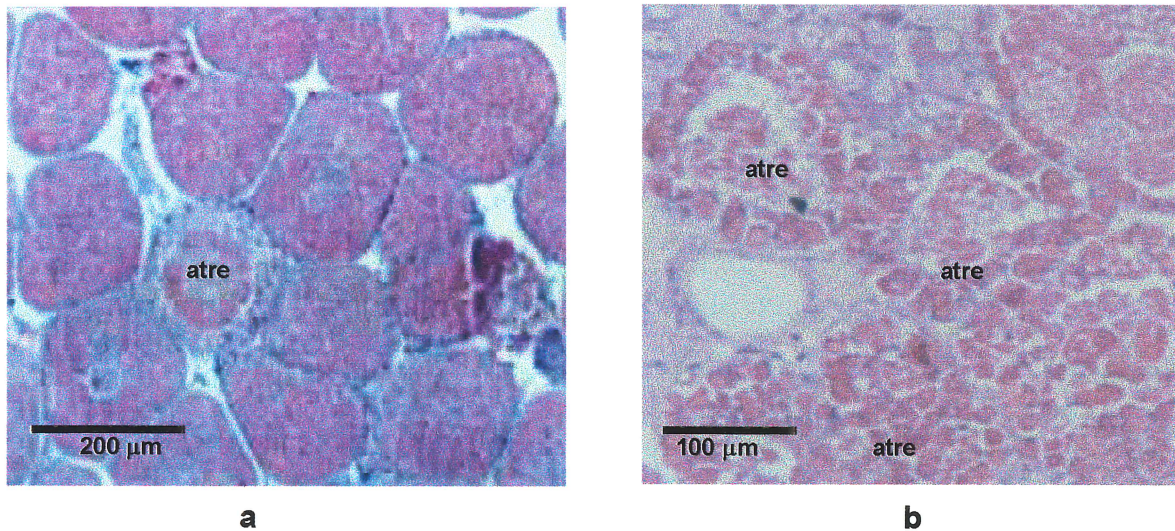


Figura 5. Ovocitos en proceso de reabsorción o atresias (**atre**), en gónadas de langosta roja (*Panulirus interruptus*). Proceso inicial (**a**) y fase avanzada (**b**)

- Preparación de los cortes.

Se tomaron muestras transversales de aproximadamente 3 mm de espesor de cada gónada, en su región anterior, media y posterior (figura 4), procediendo a lavarlas con agua corriente, 24 hr antes del siguiente proceso, con la finalidad de remover los residuos de formol. Una vez lavadas las muestras, se deshidrataron mediante la técnica de Theilacker(1985). Concluido este proceso, las muestras se incluyeron en parafina y se realizaron cortes de 6 - 8 µm con un microtomo tipo Minot. Estos se montaron y marcaron con la clave correspondiente para teñirlos con base en la técnica topográfica de Hematoxilina-Eosina (H-E) (Tapia *et al.*, 1997). Por último, se cubrieron los cortes con resina sintética para su conservación.

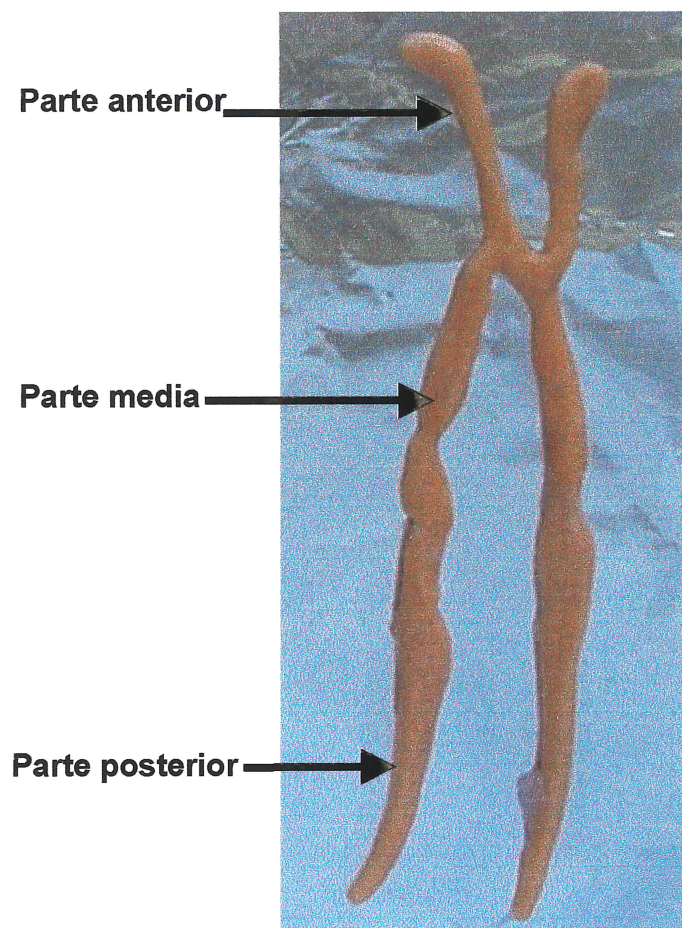


Figura 6. Gónada de langosta hembra *Panulirus interruptus* en la cual se muestran las secciones analizadas histológicamente.

- Análisis microscópico.

Las observaciones de las laminillas se realizaron en un microscopio compuesto (Ward's) y se anotaron las siguientes características:

1. Número de ovogonias. Se contabilizaron únicamente las ovogonias que se encontraban formando los grupos de células distribuidas a lo largo de la zona de proliferación celular.
2. Porcentaje de tipos de ovocitos: Ovocitos no vitelados (ONV), parcialmente vitelados (OPV) y atrésias (Atre.). Para determinar el porcentaje, se contabilizó el tipo y número de ovocitos, en cuatro trabéculas de cada gónada para las tres secciones analizadas.
3. Diámetro de ovocitos no vitelados (ONV) y parcialmente vitelados (OPV). La medición de ambos tipos de ovocitos se realizó con una reglilla calibrada al ocular del microscopio. El diámetro se determinó en 30 ovocitos de cada sección escogiendo los ovocitos más redondeados.
4. Estadio de madurez. La determinación de la madurez en los organismos se realizó de acuerdo a la clasificación propuesta por Tapia *et al.* (1997).

Las tres secciones observadas en las gónadas, se compararon estadísticamente para determinar si hubo o no diferencias significativas. Se utilizó el análisis de varianza de una vía, cuando los datos cumplieron con el requisito de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianzas (Barlett). En caso de no cumplir con estos requisitos, se aplicó un análisis de varianza de una vía en rangos de Kruskal-Wallis (Zar, 1984).

La comparación entre grupos a lo largo del experimento para el número de ovogonias y diámetros de ovocitos, se llevó a cabo mediante el análisis de varianza de una vía en rangos de Kruskal-Wallis (Zar, 1984). En la comparación de porcentajes de ovocitos entre grupos durante el experimento, se utilizó la prueba "Z" para proporciones (Zar, 1984). Las pruebas realizadas, se llevaron a cabo con el programa de computo estadístico, Sigma Stat 2.0 (Jandel Corporation, 1995).

Caracterización de los estadios del ciclo de muda

La caracterización de los estadios de muda durante el periodo experimental, se realizó de acuerdo a la clasificación propuesta por Lyle y MacDonald (1983), basada en el desarrollo de las setas y retracción de la epidermis (figura 7).

El ciclo de muda de las langostas, consiste en el cambio de exoesqueleto para permitir el crecimiento de los organismos. Estos pasan por tres estadios principales: postmuda, intermuda y premuda. El primero se caracteriza por un exoesqueleto suave, donde la cutícula y la base de las setas, se encuentran unidas a la epidermis. En el segundo, el exoesqueleto está endurecido y la epidermis y cutícula permanecen unidas formando un abultamiento. En el tercero, el exoesqueleto permanece duro y aparece la primera señal de apólis, evidenciada por la separación de la epidermis y la cutícula. Conforme avanza este estadio, la separación es más evidente y comienzan a verse las puntas de las nuevas setas, hasta que se desarrolla por completo el nuevo exoesqueleto y ocurre la muda (Lyle y MacDonald, 1983).

Para caracterizar el ciclo de muda de los organismos A y NA, se tomaron fotografías al microscopio, de dos langostas por grupo, en el telson cada 30 días durante el experimento, describiendo el desarrollo de las estructuras observadas y comparándolas entre ambos grupos.

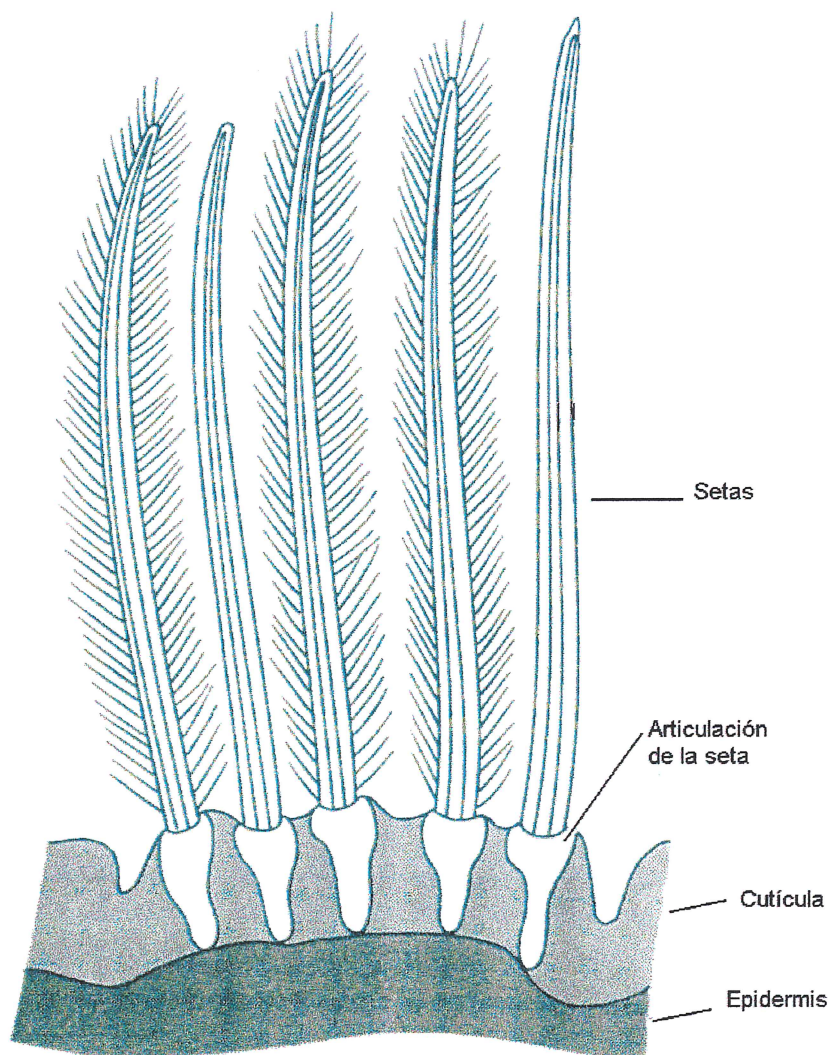


Figura 7. Esquema de un pleópodo de langosta indicando la terminología usada en la determinación de los estadios de muda (tomado de Lyle y MacDonald, 1983).

RESULTADOS

Peso

El peso en ambos grupos mostró un incremento hacia el final del experimento, sin embargo, en el segundo muestreo los organismos **A**, perdieron 0.635% de su peso inicial. En el último muestreo los organismos **NA**, mostraron una ganancia de peso del 1.87% mientras que las langostas **A** aumentaron 1.49% (figura 8).

La ganancia neta registrada (figura 9), fue mayor en organismos **NA** (23.3 g) respecto a los **A** (12.91 g), sin embargo, estadísticamente no existió diferencia significativa (tabla 1). Así mismo, al comparar los pesos iniciales y finales de cada grupo experimental, no se encontró ganancia significativa durante el experimento (tabla 2).

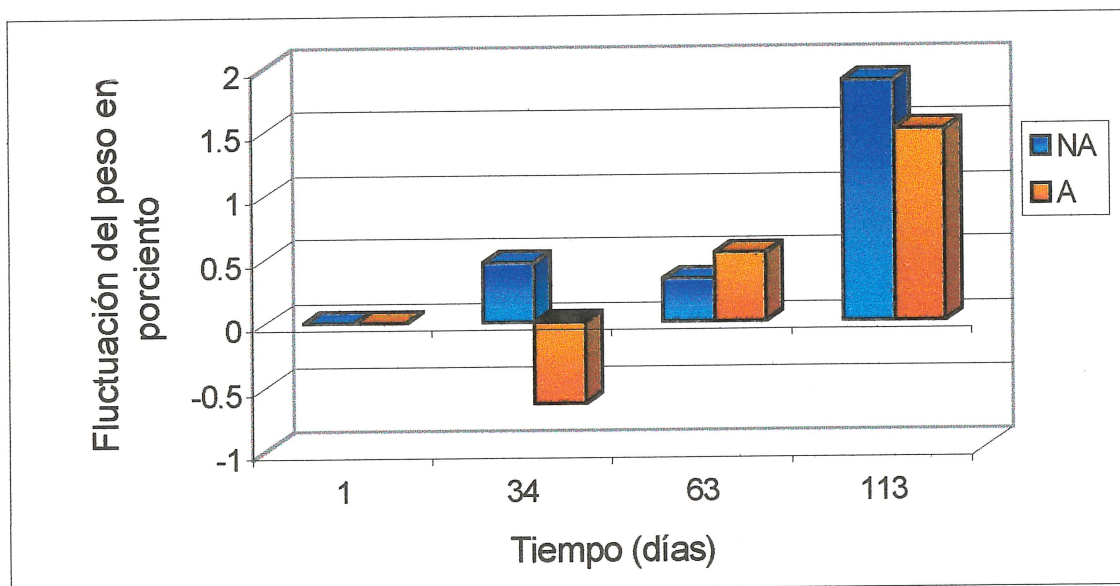


Figura 8. Porcentaje del peso con respecto al peso inicial en langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y sin ablacionar (NA durante el experimento.

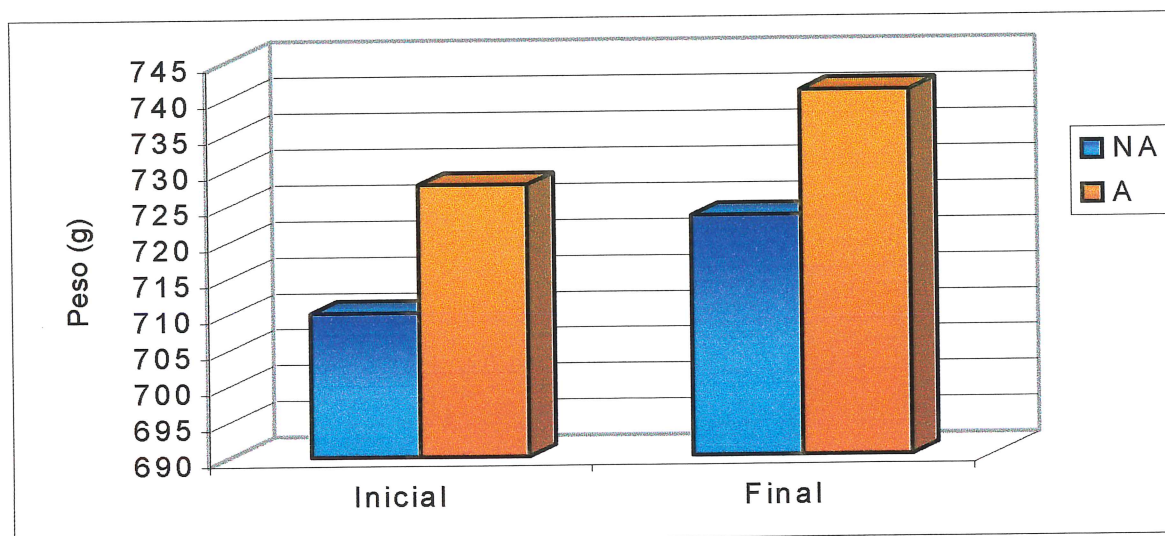


Figura 9. Peso promedio en langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y sin ablacionar (NA) al inicio y final del experimento.

Tabla 1. Análisis de varianza de una vía para comparar la ganancia neta en peso de langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA). Hipótesis a probar: $H_0: NA = A$; $H_1: NA \neq A$, con un $\alpha = 5\%$. Criterio de decisión: si $F_{calculada} > F_{crítica} \therefore$ se rechaza H_0 . (**) Significancia. (ns) No significancia.

Comparación	$F_{calculada}$	$F_{crítica}$	g.l	Decisión
A vs NA	0.00531947	6.94	1/10	ns

Tabla 2. Análisis de varianza de una vía para comparar el peso de langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA), al inicio y final del experimento. Hipótesis a probar: $H_0: NA_{inicial} = NA_{final}$; $H_1: NA_{inicial} \neq NA_{final}$ y $H_0: A_{inicial} = A_{final}$; $H_1: A_{inicial} \neq A_{final}$, con un $\alpha = 5\%$. Criterio de decisión: si $F_{calculada} > F_{crítica} \therefore$ se rechaza H_0 . (**) Significancia. (ns) No significancia.

Comparación	$F_{calculada}$	$F_{crítica}$	g.l	Decisión
$NA_{inicial}$ vs NA_{final}	0.0119760	10	1/5	ns
$A_{inicial}$ vs A_{final}	0.0617452	12.2	1/4	ns

Indice gonadal

Los resultados obtenidos muestran una amplia variación, tanto entre grupos, como en el tiempo (tabla 3). Lo que provocó que las comparaciones estadísticas, no mostraran diferencias significativas entre los promedios de índices gonadales de las langostas **A** y **NA**, durante el tiempo transcurrido en el estudio (tabla 4). A pesar de la variación observada y de no haber detectado diferencias significativas, se encontró una clara tendencia a la baja, en los valores del índice gonadal de organismos **NA**, con una ligera recuperación al día 113. En cambio, las langostas **A** incrementaron el índice gonadal a 10.11 en el segundo muestreo, decayeron drásticamente a 5.94 en el tercero y se recuperaron a 7.95 al final, con un intervalo de 4.83 a 11.07. Es importante mencionar que este intervalo, apesar de ser tan amplio, muestra el valor más alto de índices gonadales encontrados en el experimento.

Tabla 3. Índice gonadal promedio (IG) durante el experimento en langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA). (d.s) Desviación estándar.

Tiempo (días)	IG NA $\pm$ ds	Intervalo	IG A $\pm$ ds	Intervalo
1	9.3 $\pm$ 0.466	8.83 - 9.76	9.3 $\pm$ 0.47	8.83 - 9.76
34	7.73 $\pm$ 1.51	6.22 - 9.24	10.11 $\pm$ 0.8	9.31 - 10.91
63	6.72 $\pm$ 1.88	4.84 - 8.60	5.94 $\pm$ 1.3	4.64 - 7.24
113	7.02 $\pm$ 1.26	5.76 - 8.28	7.95 $\pm$ 3.12	4.83 - 11.07

Tabla 4. Análisis de varianza de una vía para comparar promedios de índices gonadales (IG) en langostas *Panulirus interruptus*, ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA), entre los días de muestreos. Hipótesis a probar: H_0 : $NA_1 = NA_{34} = NA_{63} = NA_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$ y H_0 : $A_1 = A_{34} = A_{63} = A_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha = 5\%$. Criterio de decisión: si $F_{calculada} > F_{crítica}$ $\therefore$ se rechaza H_0 . (**) Significancia. (ns) No significancia.

Comparación	$F_{calculada}$	$F_{crítica}$	g.l	Decisión
$NA_1 - NA_{113}$	1.95457	4.83	3/15	ns
$A_1 - A_{113}$	1.51743	4.01	3/17	ns

Análisis histológico

Al comparar estadísticamente los parámetros evaluados en el análisis histológico de las tres secciones de las gónadas (anterior, media y posterior), no se encontró un patrón o tendencia de significancia o no significancia entre las secciones de organismos **A** y **NA**, por lo que se decidió tomar las tres secciones como representativas de cada organismo.

Número de ovogonias

Las tendencias encontradas entre los grupos durante el experimento son diferentes (figura 10). Mientras los organismos **A**, incrementaron el número de células en forma constante, desde el segundo muestreo (210 ovogonias) hasta el final con un valor de 334 ovogonias, los organismos **NA** se mantuvieron mas uniformes a excepción del segundo muestreo, en el que se observó una drástica disminución. Las comparaciones estadísticas indicaron que hubo diferencias significativas en los organismos **NA** durante los muestreos (tabla 5), a diferencia de los **A**, quienes no mostraron diferencias significativas entre estos (tabla 5). Al

realizar las comparaciones múltiples entre organismos **A** y **NA** (tabla 6), se encontró que el muestreo al día 34 de los organismos **NA** fue el único que mostró diferencias significativas.

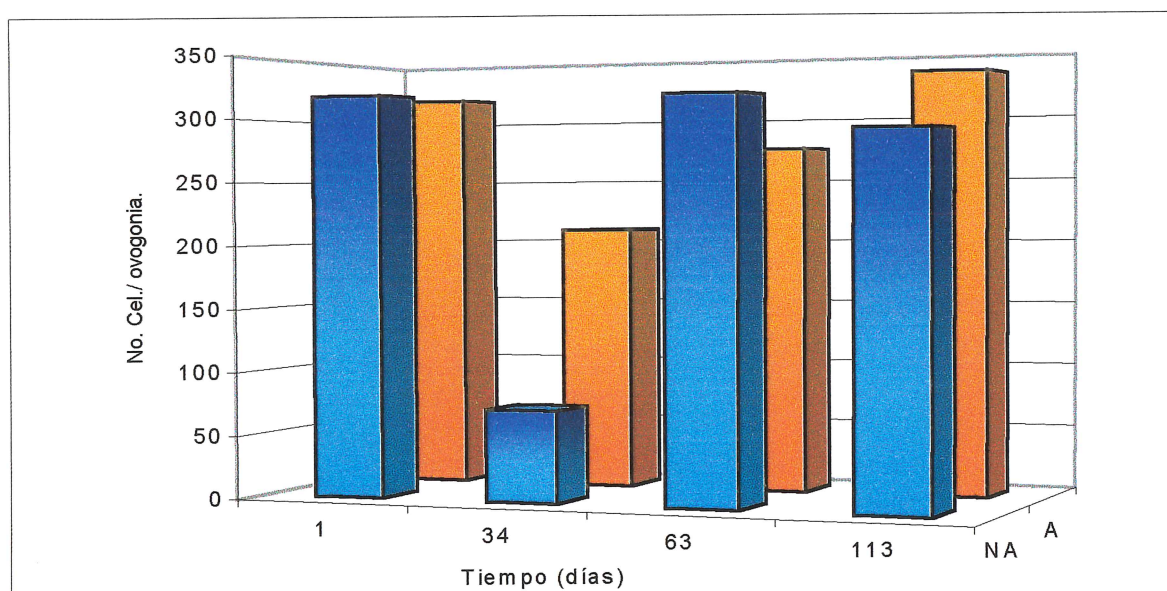


Figura 10. Número de ovogonias en gónadas de langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) durante el experimento.

Tabla 5. Análisis de varianza de una vía en rangos de Kruskal-Wallis, para comparar promedios de número de ovogonias en langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) entre los días de muestreos. Hipótesis a probar: H_0 : $NA_1 = NA_{34} = NA_{63} = NA_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$ y H_0 : $A_1 = A_{34} = A_{63} = A_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha = 5\%$. Criterio de decisión: si $F_{calculada} > F_{crítica}$ $\therefore$ se rechaza H_0 . (**) Significancia. (ns) No significancia.

Comparación	$H_{calculada}$	$\chi^2_{crítica}$	g.l	Decisión
NA_1-NA_{113}	14.5014	7.815	3	**
A_1-A_{113}	5.1054	7.815	3	ns

Tabla 6. Comparación múltiple por el método de Dunn's, para promedios de número de ovogonias en langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) entre los días de muestreos. Hipótesis a probar: H_0 : $NA_1=NA_{34}=NA_{63}=NA_{113}=A_1=A_{34}=A_{63}=A_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha=5\%$. (**) Significancia. (ns) No significancia.

Comparación	Dif. de Rangos	p	Q	Decisión
A_1 vs A_{34}	18.7431	7	1.97979	ns
A_1 vs A_{113}	13.0222	6	1.58520	ns
A_1 vs A_{63}	11.6667	5	1.27025	ns
A_1 vs NA_{113}	10.4722	4	1.01983	ns
A_1 vs NA_{63}	8.75556	3	0.805682	ns
A_1 vs NA_1	0.805556	2	0.0850893	ns
NA_1 vs NA_{34}	38.8929	7	3.85706	**
NA_1 vs A_{34}	17.9375	6	1.84132	ns
NA_1 vs A_{112}	12.2167	5	1.43224	ns
NA_1 vs A_{63}	10.8611	4	1.14724	ns
NA_1 vs NA_{113}	9.66667	3	0.918694	ns
NA_1 vs NA_{63}	7.95000	2	0.715753	ns

Variación porcentual de los tipos de ovocitos

Los tipos de ovocitos analizados en este estudio fueron: no vitelados (ONV), parcialmente vitelados (OPV) y atresias (atre). La abundancia porcentual de estos fue evaluada en el tiempo y entre los tratamientos aplicados (**A** y **NA**) (figura 11). El número de ovocitos contabilizados en cada sección de las gónadas se sumaron y del total se obtuvo el porcentaje de cada tipo de ovocitos, siendo este el valor representativo de cada grupo en el experimento.

Al observar la figura 11 de manera global se aprecia que la tendencia de ambos tratamientos para los ONV fue en aumento mientras que en la de los OPV disminuyó. En el caso de las atresias no se evidenció una clara tendencia, sin embargo se nota mayor variación en los organismos **NA**.

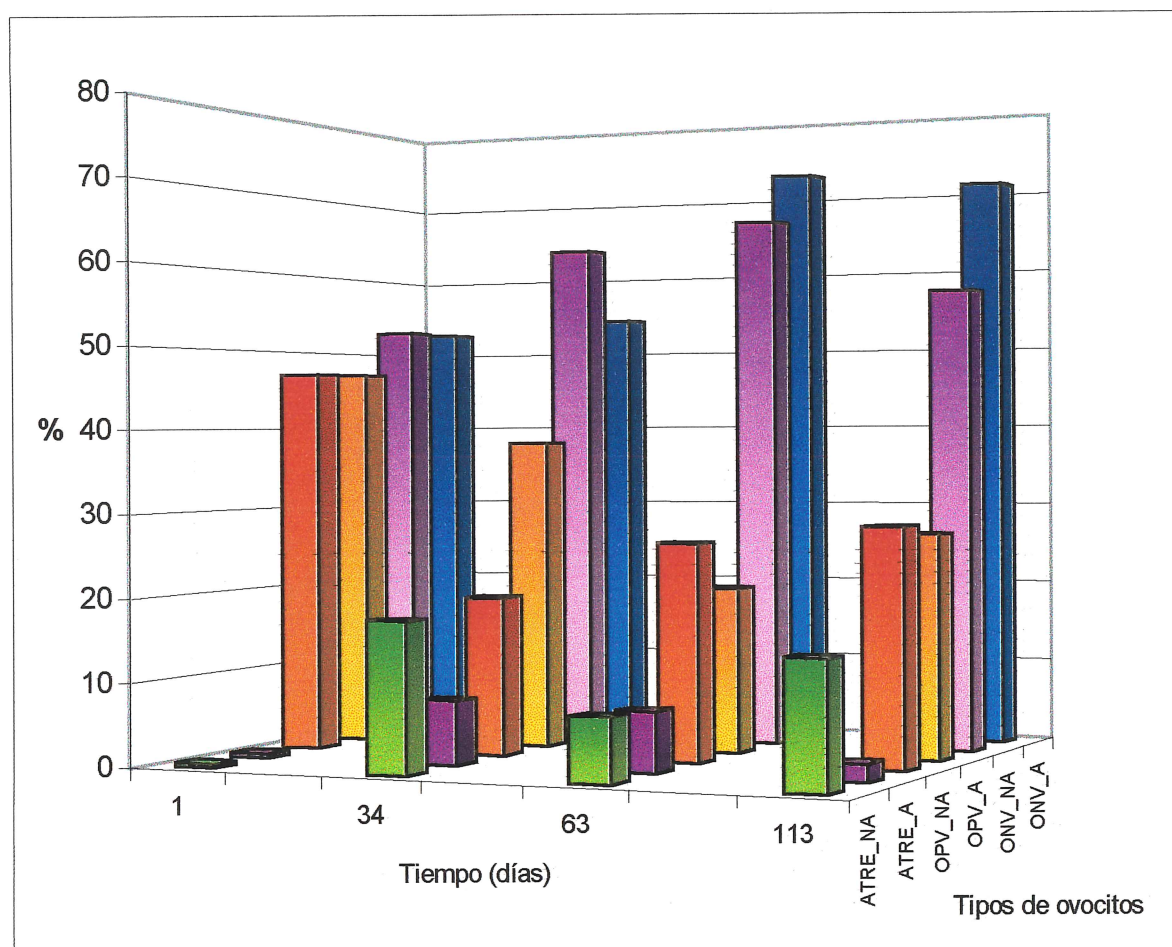


Figura 11. Porcentaje de tipos de ovocitos: atresias (atre), ovocitos parcialmente vitelados (OPV), ovocitos no vitelados (ONV) encontrados en gónadas de langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) durante el periodo experimental.

Al analizar los tipos de ovocitos durante el experimento se encontró que la proporción inicial de estos fue ONV (52):OPV(46):Atre.(0.42) para ambos tratamientos. A los 34 días esta proporción cambió a (62):(19):(17) en organismos **NA** y (54):(38):(7) para **A**. Al tiempo 63 el cambio en las proporciones fue (65):(26):(7) en **NA** y (72):(20):(7) para **A**. Finalmente las proporciones fueron (56):(28):(14) en **NA** y (70):(27):(2) para **A**. Esta variación en las proporciones de ovocitos a lo largo del tiempo y entre tratamientos, se probó estadísticamente y se

encontraron diferencias significativas respecto al tiempo y a la condición de A y NA (tabla 7, 8, 9). El análisis de los valores acumulativos (figura 12) muestra con mayor claridad las tendencias entre tratamientos, indicando una diferencia a favor de los organismos **A** tanto para ONV como para OPV. Las atresias por el contrario fueron mayores en organismos **NA**.

Tabla 7. Comparación estadística "Z" para proporciones de ovocitos no vitelados (ONV) en gónadas de langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) durante el experimento. Hipótesis a probar: H_0 : $NA_1=NA_{34}=NA_{63}=NA_{113}=A_1=A_{34}=A_{63}=A_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha=5\%$. (**) Significancia. (ns) No significancia

	Tratamiento	1 día	34 días		63 días		113 días	
Tratamiento	--	A-NA	A	NA	A	NA	A	NA
1 día	A-NA	--	**	**	**	**	**	**
34 días	A		--	**	**	**	**	**
	NA			--	**	**	**	**
63 días	A				--	**	**	**
	NA					--	**	**
113 días	A						--	**
	NA							--

Tabla 8. Comparación estadística "Z" para proporciones de ovocitos parcialmente vitelados (OPV) en gónadas de langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) durante el experimento. . Hipótesis a probar: H_0 : $NA_1=NA_{34}=NA_{63}=NA_{113}=A_1=A_{34}=A_{63}=A_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha=5\%$. (**) Significancia. (ns) No significancia

	Tratamiento	1 día	34 días		63 días		113 días	
Tratamiento	--	A-NA	A	NA	A	NA	A	NA
1 día	A-NA	--	**	**	**	**	**	**
34 días	A		--	**	ns	**	**	**
	NA			--		**	**	**
63 días	A				--	**	**	**
	NA					--	ns	**
113 días	A						--	**
	NA							--

Tabla 9. Comparación estadística "Z" para proporciones de atresias (atre.) en gónadas de langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) durante el experimento. Hipótesis a probar: $H_0: NA_1 = NA_{34} = NA_{63} = NA_{113} = A_1 = A_{34} = A_{63} = A_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha = 5\%$. (**) Significancia. (ns) No significancia

	Tratamiento	1 día	34 días		63 días		113 días	
Tratamiento	--	A-NA	A	NA	A	NA	A	NA
1 día	A-NA	--	**	**	**	**	**	**
34 días	A		--	**	**	**	**	**
	NA			--	**	**	**	**
63 días	A				--	ns	**	**
	NA					--	**	**
113 días	A						--	**
	NA							--

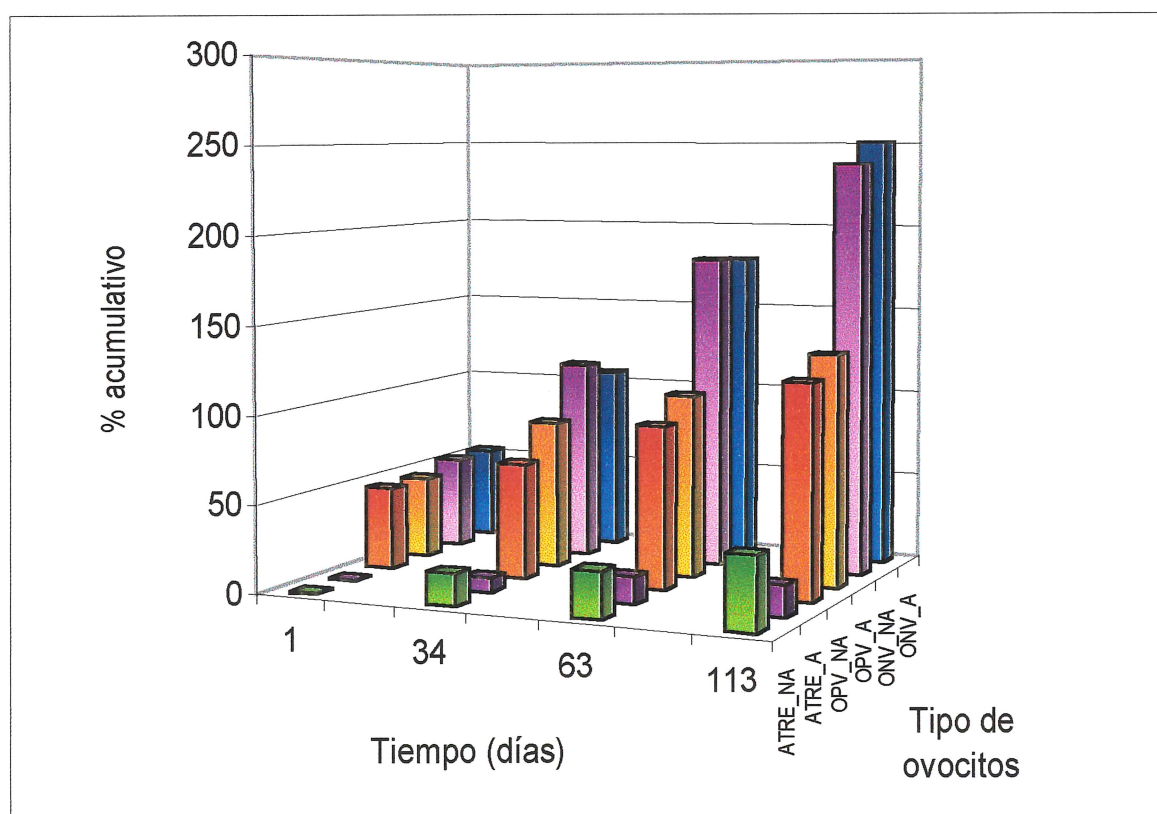


Figura 12. Porcentaje acumulativo de tipos de ovocitos: atresias (atre), ovocitos parcialmente vitelados (OPV), ovocitos no vitelados (ONV) encontrados en gónadas de langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) durante el experimento.

Ovocitos no vitelados (ONV).

La variación del diámetro de ovocitos no vitelados (ONV) a lo largo del experimento, en organismos ablacionados y sin ablacionar (figura 13), muestra que las tendencias fueron similares entre grupos, sin embargo, el análisis estadístico evidenció diferencias estadísticas significativas entre los muestreos de un mismo grupo, así como entre grupos (tabla 10 y 11). Esto indicó, que tanto el factor ablación como el tiempo, tuvieron un efecto en el desarrollo de los ovocitos no vitelados (ONV).

En los organismos **A**, el tamaño de los ONV fue poco variable, mostrando una disminución de 68.99 μm a 63.56 μm del inicio al final del experimento, mientras que en los **NA**, se presentó un incremento en el segundo muestreo (70.13 μm), seguido de una disminución progresiva hasta el último (50.43 μm).

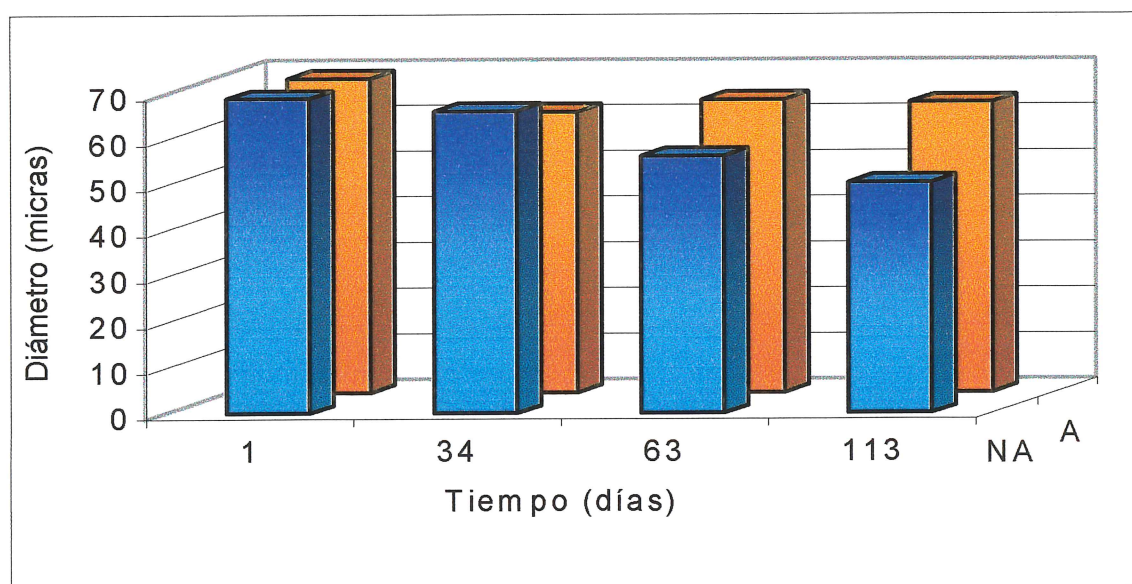


Figura 13. Variación del diámetro en ovocitos no vitelados (ONV) en gónadas de langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) durante el experimento.

Tabla 10. Análisis de varianza de una vía en rangos de Kruskal-Wallis, para comparar promedios de diámetros de ovocitos no vitelados (ONV) en langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) entre los días de muestreos. Hipótesis a probar: H_0 : $NA_1 = NA_{34} = NA_{63} = NA_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$ y H_0 : $A_1 = A_{34} = A_{63} = A_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha = 5\%$. Criterio de decisión: si $F_{calculada} > F_{crítica}$ $\therefore$ se rechaza H_0 (**) Significancia. (ns) No significancia.

Comparación	$H_{calculada}$	$X^2_{crítica}$	g.l	Decisión
$NA_1 - NA_{113}$	255.488	7.815	3	**
$A_1 - A_{113}$	34.884	7.815	3	**

Tabla 11. Comparación múltiple por el método de Dunn's, para promedios de diámetros de ovocitos no vitelados (ONV) en langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) entre los días de muestreos. Hipótesis a probar: H_0 : $NA_1 = NA_{34} = NA_{63} = NA_{113} = A_1 = A_{34} = A_{63} = A_{113}$ H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha = 5\%$. (**) Significancia. (ns) No significancia.

Comparación	Dif. de Rangos	p	Q	Decisión
NA_{34} vs NA_{113}	916.755	7	14.843	**
NA_{34} vs NA_{63}	705.386	6	11.431	**
NA_{34} vs A_{34}	519.770	5	8.130	**
NA_{34} vs A_{113}	452.957	4	9.165	**
NA_{34} vs A_{63}	276.207	3	4.335	**
NA_{34} vs NA_1	236.212	2	3.835	**
NA_1 vs NA_{113}	680.542	6	10.999	**
NA_1 vs NA_{63}	469.174	5	7.590	**
NA_1 vs A_{34}	283.558	4	4.428	**
NA_1 vs A_{113}	216.744	3	4.373	**
NA_1 vs A_{63}	39.995	2	0.627	ns
A_{63} vs NA_{113}	640.548	5	10.010	**
A_{63} vs NA_{63}	429.179	4	6.713	**
A_{63} vs A_{34}	243.563	3	3.685	**
A_{63} vs A_{113}	176.749	2	3.388	**

Ovocitos parcialmente vitelados (OPV).

El análisis de la variación del diámetro de ovocitos parcialmente vitelados (OPV), de langostas **A** y **NA**, durante el experimento (figura 14), señala que las tendencias observadas en ambos tratamientos a lo largo del experimento fueron similares, mostrando un incremento del diámetro en el segundo muestreo y una disminución hacia el final. A pesar de dicha similitud, se observa claramente que los OPV de los organismos **A** fueron más grandes durante el experimento, mostrando diferencias significativas con los **NA** (tabla 12 y 13). El mayor tamaño de los ovocitos parcialmente vitelados en los organismos **A** durante el experimento, indica que la ablación y el tiempo tuvieron un efecto significativo en el proceso de vitelogénesis, ya que a pesar de la disminución del diámetro a partir del segundo muestreo, los organismos **A** mantuvieron el tamaño por arriba del valor inicial ($162\ \mu\text{m}_{\text{Inicial}} / 170.9\ \mu\text{m}_{\text{Final}}$), mientras que los **NA**, mostraron un decremento hacia el final del experimento ($162\ \mu\text{m}_{\text{Inicial}} / 142\ \mu\text{m}_{\text{Final}}$).

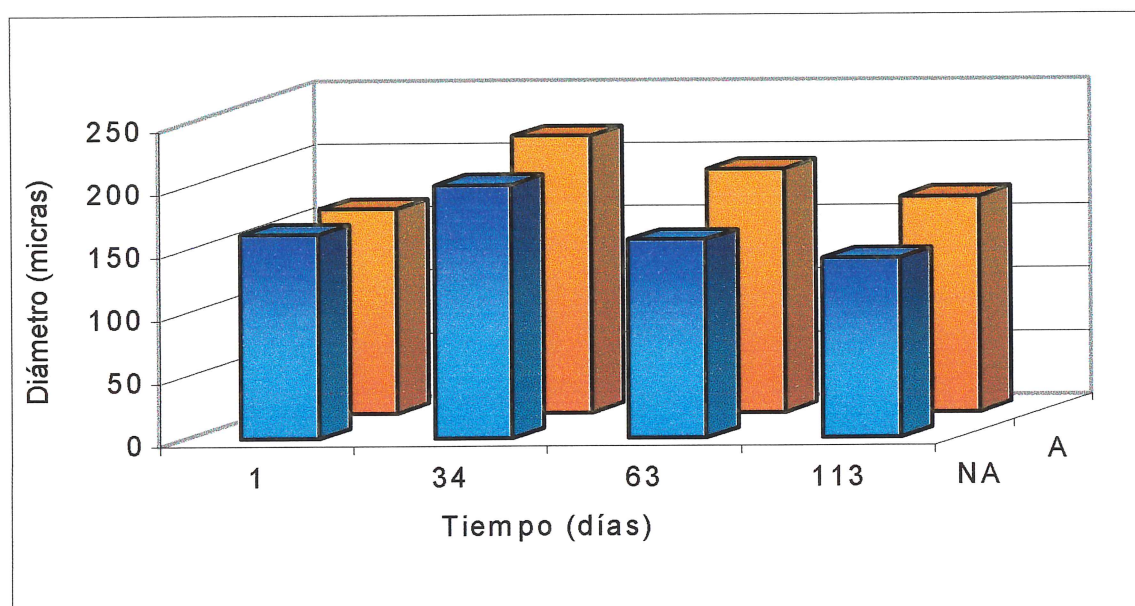


Figura 14. Variación del diámetro de ovocitos parcialmente vitelados (OPV) en gónadas de langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) durante el experimento.

Tabla 12. Análisis de varianza de una vía en rangos de Kruskal-Wallis, para comparar promedios de diámetros de ovocitos parcialmente vitelados (OPV) en langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) entre los días de muestreos. Hipótesis a probar: H_0 : $NA_1 = NA_{34} = NA_{63} = NA_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$ y H_0 : $A_1 = A_{34} = A_{63} = A_{113}$; H_1 : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha = 5\%$. Criterio de decisión: si $H_{calculada} > X^2_{crítica}$ $\therefore$ se rechaza H_0 (***) Significancia. (ns) No significancia.

Comparación	$H_{calculada}$	$X^2_{crítica}$	g.l	Decisión
$NA_1 - NA_{113}$	221.317	7.815	3	**
$A_1 - A_{113}$	385.429	7.815	3	**

Tabla 13. Comparación múltiple por el método de Dunn's, para promedios de diámetros de ovocitos parcialmente vitelados (OPV) en langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas (A) y no ablacionadas (NA) entre los días de muestreos. Hipótesis a probar: $H_0: NA_1 = NA_{34} = NA_{63} = NA_{113} = A_1 = A_{34} = A_{63} = A_{113}$, H_i : al menos un muestreo es $\neq$, con un $\alpha = 5\%$. (**) Significancia. (ns) No significancia.

Comparación	Dif. de Rangos	p	Q	Decisión
A ₃₄ vs NA ₁₁₃	839.064	7	17.506	**
A ₃₄ vs NA ₁	678.335	6	14.082	**
A ₃₄ vs NA ₆₃	663.393	5	13.741	**
A ₃₄ vs A ₁₁₃	518.606	4	11.599	**
A ₃₄ vs NA ₃₄	124.138	3	2.314	ns
A ₃₄ vs A ₆₃	31.007	2	0.561	ns
A ₆₃ vs NA ₁₁₃	808.058	6	15.986	**
3A ₆₃ vs NA ₁	647.329	5	12.749	**
A ₆₃ vs NA ₆₃	632.386	4	12.430	**
A ₆₃ vs A ₁₁₃	487.600	3	10.264	**
A ₆₃ vs NA ₃₄	93.132	2	1.663	ns
NA ₃₄ vs NA ₁₁₃	714.926	5	14.656	**
NA ₃₄ vs NA ₁	554.197	4	11.306	**
NA ₃₄ vs NA ₆₃	539.254	3	10.978	**
NA ₃₄ vs A ₁₁₃	394.468	2	8.646	**

Temperatura

El registro de temperatura (figura 15), muestra el intervalo observado durante el experimento (12.7 °C a 17.2 °C). El descenso de la temperatura comenzó al inició del experimento (6 de diciembre del 2000) y el valor más alto se registró al final de este (28 de marzo del 2002).

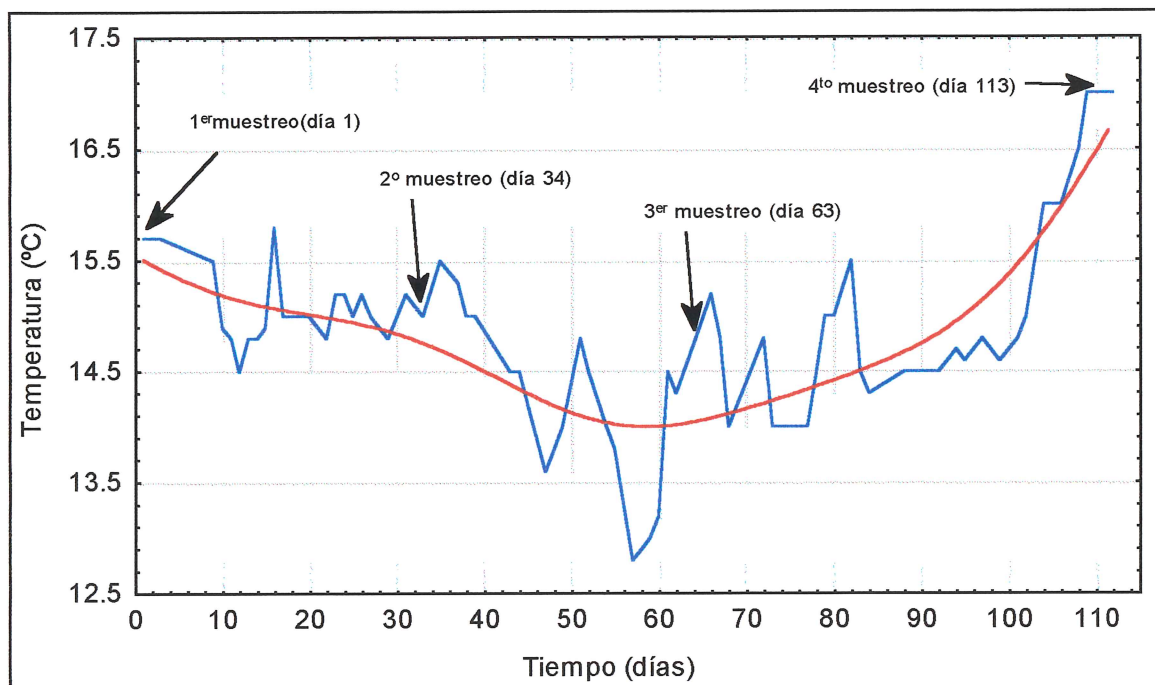


Figura 15. Registro diario (línea azul) y promedio (línea roja) de la temperatura durante el periodo experimental (6 de diciembre del 2000 - 28 de marzo del 2002) indicando el tiempo en que se realizaron los muestreos.

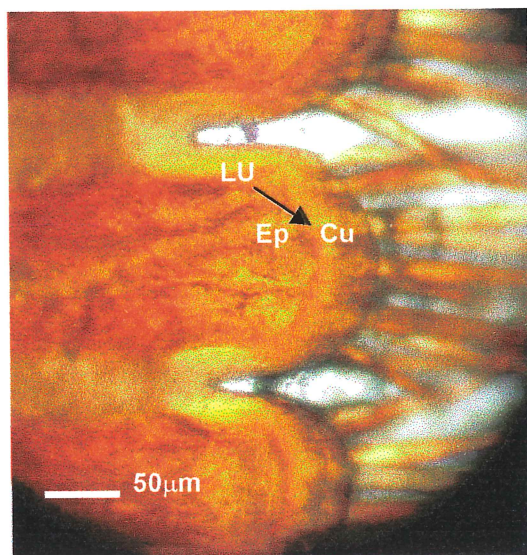
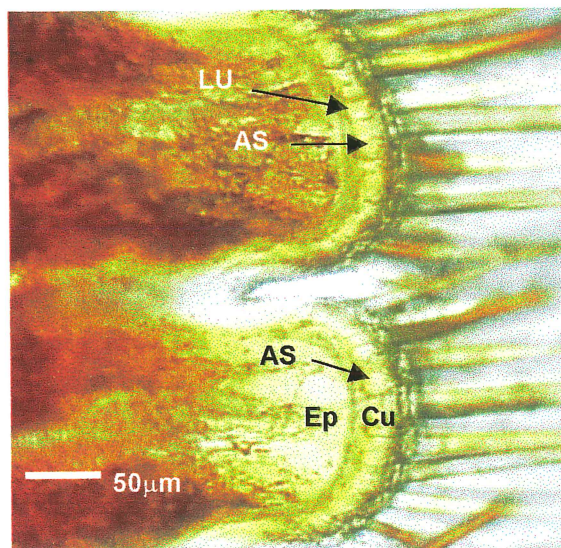
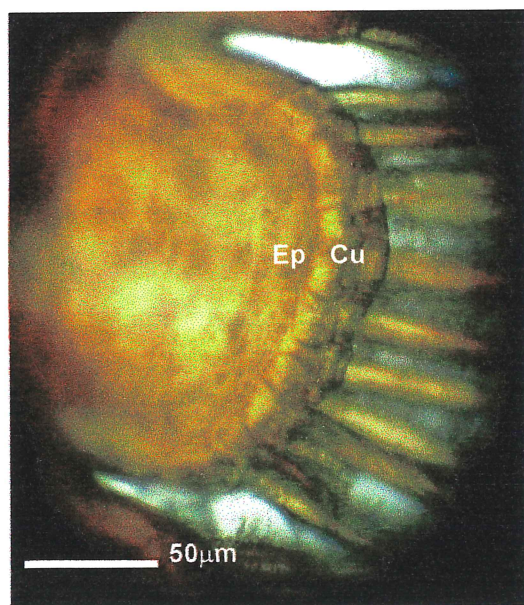
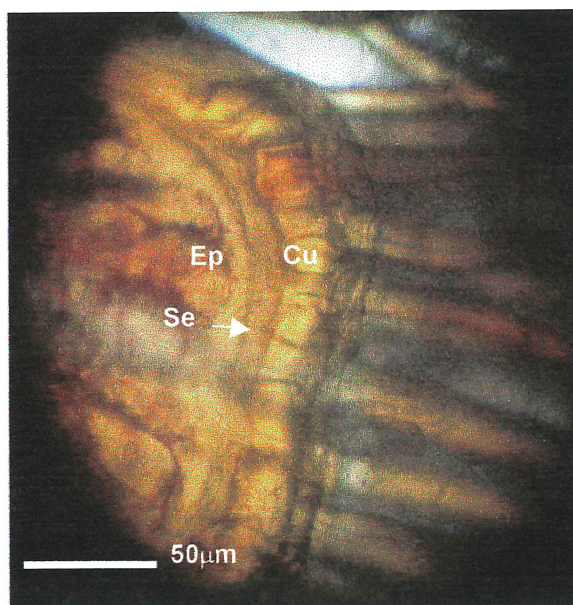
Caracterización de los estadios del ciclo de muda

Las características de los estadios del ciclo de muda durante el periodo experimental, mostraron similitudes entre los organismos **A** y **NA**, por lo que a continuación, se muestra una descripción para los dos grupos de organismos haciendo notar las características observadas.

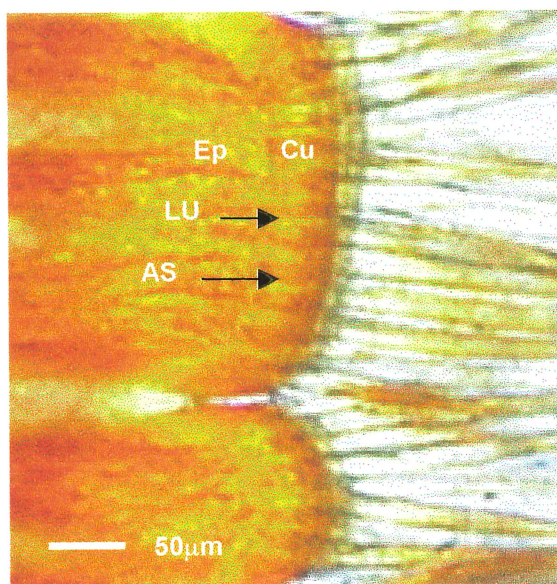
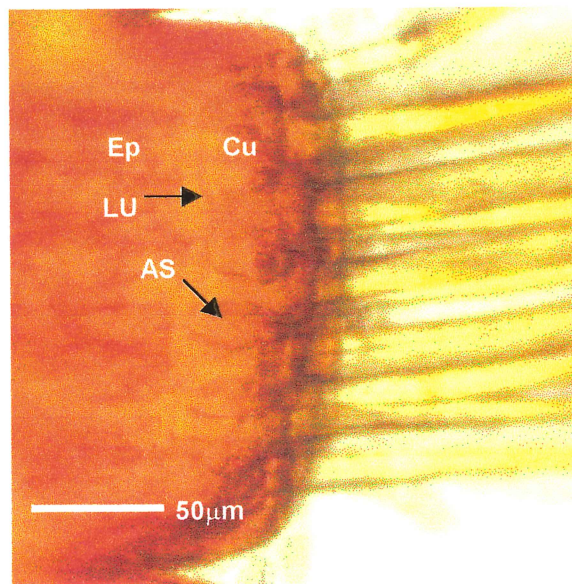
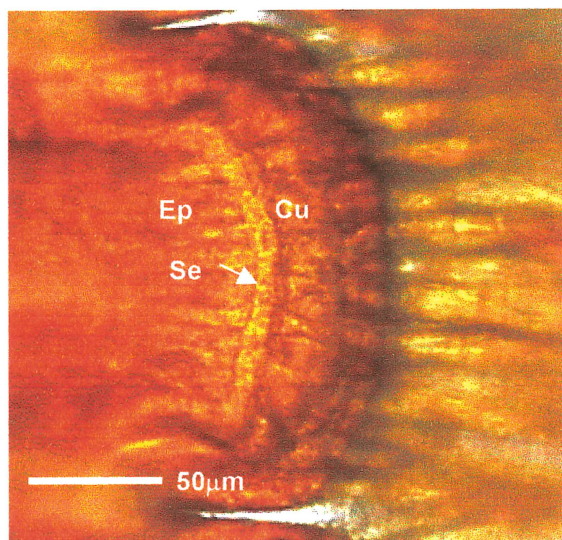
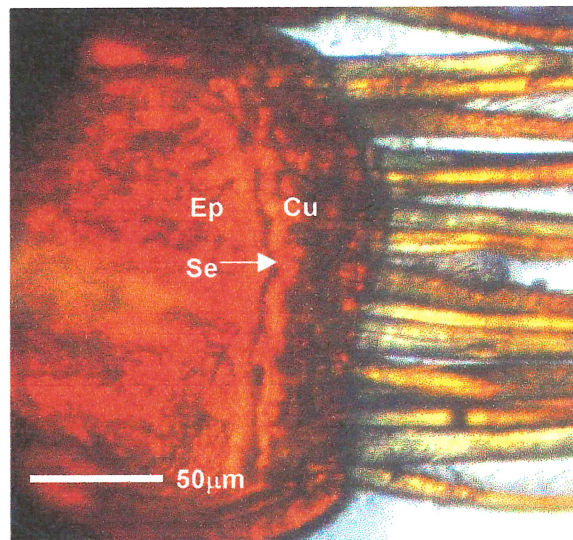
Las características estructurales en las figuras 16 a,b y 17 a,b de los días 1 y 34 respectivamente, indicaron que los organismos se encontraron en la fase de intermuda ya que la epidermis estaba unida y abultada con la cutícula, además la articulación de las setas se encontró hasta la unión de la epidermis y la cutícula.

Al tiempo 63 días (figura 16c y 17c) se observó un ligero cambio en la condición de la cutícula y la epidermis. Los organismos NA mostraron una separación clara entre las estructuras mencionadas (figura 17c). De forma similar los organismos A mostraron dicha característica pero en menor grado (figura 16c). Al final del experimento (figura 16d y 17d), los organismos comenzaban la transición del estadio de intermuda hacia la primera fase de premuda o subestadio D₀.

Con base en lo anterior, no se encontró diferencias entre el desarrollo de las estructuras observadas en los urópodos de organismos ablacionados (A) y sin ablacionar (NA), lo que indicó que la ablación no afectó el estadio de muda de los organismos.

**a****b****c****d**

Figuras 16. Fotografías del desarrollo de las estructuras de los urópodos en langostas *Panulirus interruptus* ablacionadas durante el experimento. Tiempo 1 día (a), 34 días (b), 63 días (c), y 113 días (d). Claves: epidermis (Ep), cutícula (Cu), articulación de la seta (AS), línea de unión (LU) y separación (Se).

**a****b****c****d**

Figuras 17. Fotografías del desarrollo de las estructuras de los urópodos en langostas *Panulirus interruptus* sin ablacionar durante el experimento. Tiempo 1 día (a), 34 días (b), 63 días (c), y 113 días (d). Claves: epidermis (Ep), cutícula (Cu), articulación de la seta (AS), línea de unión (LU) y separación (Se).

DISCUSION

Peso

Los resultados obtenidos en ganancias de peso entre grupos experimentales y muestreos no fueron significativamente diferentes, sin embargo, es importante mencionar que tanto los organismos **A** como **NA** aumentaron alrededor de 1.6 % su peso inicial. Lo anterior coincide con lo reportado por Quackenbush y Herrkind (1981), quienes no encontraron aumento de peso significativo en langostas *Panulirus argus* ablacionadas después de diez semanas de experimentación, atribuyendo esto a un comportamiento antagónico entre crecimiento y maduración. En el presente estudio no se presentó una clara tendencia en ninguno de los procesos mencionados, por lo que se cree que la falta de ganancia de peso se debió a otros factores como la disminución de la temperatura del agua en la primera mitad del experimento (figura 15), ya que los organismos reducen su actividad y metabolismo debido a este factor (Waterman, 1960). Aunado a lo anterior se sabe que durante la temporada invernal las langostas de la especie *Panulirus interruptus* se encuentran en la etapa de intermuda, ya que se reporta un periodo de muda masiva entre agosto y octubre, y otro de menor intensidad entre marzo y junio, por lo que el crecimiento en el periodo de invierno es prácticamente nulo (Lindberg, 1955). En estudios similares de otras especies de langostas se han reportado crecimientos significativos (Radhakrishnan y Vijayakumaran, 1984; Juinio-Meñez y Ruinata, 1996; Rahman y Subramoniam, 1989), sin embargo, es importante mencionar que en estos estudios se utilizaron organismos de tallas menores que los del presente trabajo,

lo que permite observar claros crecimientos, ya que mientras mas grandes sean las langostas el ciclo de muda se hace más amplio y menos frecuente (Lindberg, 1955). Además las condiciones de temperatura invernal en las que se realizó el presente trabajo contrastan con las temperaturas registradas en otros trabajos de ablación en los cuales generalmente las condiciones son de primavera-verano para cada especie estudiada, lo que favorece los procesos de crecimiento y maduración.

La pérdida de peso registrada al día 34 en las langostas ablacionadas se considera una consecuencia de la pérdida de hemolinfa al momento de la ablación a pesar de la cauterización, así como al desbalance hídrico causado por la ablación ya que en el pedúnculo se encuentra una hormona reguladora del balance hidromineral (Kleinholz, 1976).

Índice gonadal

La amplia variabilidad del índice gonadal (IG) encontrada en el experimento (tabla 3) suele ser común cuando los datos provienen de muestreos de varios organismos. Radhakrishnan y Vijayakumaran (1984) y Gesteira *et al.*, (1990) entre otros, presentan datos de índice gonadal de *Panulirus homarus* y *Panulirus laevicaunda* respectivamente, en donde la variación es un elemento presente.

La interpretación de los resultados se vio poco favorecida por dicha variación, sin embargo, al mismo tiempo esta condición ayudó a evaluar el efecto de la ablación ya que al final del experimento se observó un incremento en la desviación estándar de organismos A con respecto a los NA. Este incremento marcó el intervalo más amplio (4.83 a 11.07), mostrando la gama de respuestas de las

langostas a la ablación, en algunas se favoreció el crecimiento gonádico y en otras se inhibió. Al respecto Nakamura (1990), menciona que en *Panulirus japonicus* se ha observado en un mismo experimento de ablación, hembras que llegan a desovar, otras que tienden a mudar y algunas que se quedan en vías de madurar.

En el presente trabajo una de las posibles causas de la amplio intervalo de índice gonadal de los organismos **A** en el último muestreo, es la variación fisiológica propia de los individuos, aunado a las características del tamaño de muestra. A pesar de lo anterior, se considera que uno de los principales factores que influyeron en el desarrollo gonádico fue la temperatura del agua ya que ésta interactúa en el control de los ciclos de muda y reproducción de crustáceos (Aiken *et al.*, 1979).

La época en que se llevó a cabo el presente trabajo comprendió del 6 de diciembre del 2000 al 28 de marzo del 2001, siendo este el periodo invernal caracterizado por las menores temperaturas de año. La disminución de temperatura en la primera mitad del experimento puede ser una de las causas de los bajos valores en el índice gonadal encontrados a los 63 días en ambos grupos. El análisis histológico reveló que los organismos **A** y **NA** se encontraron en un estado de reposo o crecimiento lento de ovarios, lo que coincide con lo reportado para la población natural de esta especie, en la cual el desarrollo de gónadas en organismos de tallas similares a los del presente trabajo para el periodo invernal es prácticamente nulo en diciembre y enero, es hasta febrero y marzo cuando se observa un crecimiento apreciable de las gónadas (Ayala, 1983). Sin embargo, cabe mencionar que dichas observaciones fueron realizadas en Punta Malarrimo

B.C. Sur, donde la temperatura del agua es mayor que en la Bahía de Todos Santos durante todo el año, por lo que la etapa de reposo o crecimiento lento puede recorrerse ligeramente en función de la latitud. Nakamura (1990), hace referencia de la influencia de la latitud en las temporadas de desove indicando que hay una tendencia a desoves tempranos en latitudes bajas, donde la temperatura del agua en invierno es mayor y a medida que aumenta la latitud el periodo se atrasa.

Es importante mencionar que se esperaba un incremento en el índice gonadal de los organismos **A** como se ha observado en otras especies de langostas y crustáceos (Quakebush y Herrkind, 1981; Radhakrishnan y Vijayakumaran, 1984; Juinio-Meñez y Ruinata, 1996), sin embargo, en los resultados del presente estudio esto no ocurrió. La causa principal, como se mencionó anteriormente, puede ser el marcado control de la temperatura sobre los procesos hormonales, así como a la etapa del ciclo reproductivo de esta especie, ya que las hembras al salir de la época reproductiva (marzo-septiembre) mudan (Bodkin y Browne, 1992; Lindberg, 1955) y por consecuencia los siguientes meses dedican sus reservas energéticas a generar tejido muscular o bien, para satisfacer los procesos fisiológicos en lugar de desarrollar gónadas para reproducción (Rahman y Subramoniam, 1989). Además se sabe que la ablación en camarones que se están preparando para entrar en su “máximo reproductivo” la respuesta es más pronunciada, en comparación con los que se encuentran entrando en un periodo no reproductivo (Bliss, 1996; Adiyodi y Adiyodi, 1970).

La recuperación del IG para ambos grupos a los 113 días, se puede relacionar con el incremento de la temperatura en la segunda mitad del experimento. La diferencia encontrada entre los organismos **A** y **NA** al final del experimento, puede deberse a que los niveles de la hormona que estimula la maduración (HSG) se hayan elevado en alguno de los organismos **A**, disparando antes que en el grupo **NA** los procesos de maduración. La razón del incremento en los niveles de dicha hormona está en relación a la disminución en el nivel de la hormona inhibidora del desarrollo gonadal provocado por la ablación (Díaz *et al.*, 1997).

Debido a que la manipulación y las condiciones de laboratorio fueron las mismas para todos los organismos, se descarta la posibilidad de atribuir las diferencias encontradas entre grupos a dichos factores, sin embargo, sabemos que éstos influyen de alguna manera en los organismos, ya que algunos estudios mencionan que las hormonas inhibidoras del desarrollo gonadal son neurohormonas, por lo que es posible que factores como el estrés influya en la producción de éstas.

Número de ovogonias

Los resultados encontrados en la figura 10 mostraron que la ablación no tuvo efecto en la abundancia de ovogonias, ya que únicamente se encontraron diferencias significativas entre los muestreos del día uno y 34 para los organismos **NA**. A pesar de esto, se observó cierta disparidad entre los organismos **A** y **NA**, atribuible a la variación natural entre los organismos. La disminución en el número de ovogonias al día 34 se atribuye a que los organismos **A** y **NA**, sacrificados en ese día, contaban con características de madurez avanzada en sus ovarios, lo que

coincide con lo observado por Gesteira *et al.*, (1990), quien menciona que el número de ovogonias se reduce gradualmente conforme los organismos maduran.

Es importante mencionar que la proliferación de ovogonias en las gónadas durante el periodo experimental no mostró cambios significativos, exceptuando el muestreo al día 34. Un posible motivo, es que la producción de ovogonias en las gónadas ocurre justo después de que los organismos desovaron (Minagawa y Sano, 1997). Este hecho, justificaría lo ocurrido ya que el final de la temporada de desove para la langosta roja *Panulirus interruptus* es en septiembre (Lindberg, 1955) y el presente trabajo inició hasta diciembre, por lo que la proliferación celular pudo haber ocurrido en ese lapso de tiempo. Apoyando lo anterior, en *Nephrops norvegicus* se encontró que a medida que la etapa de recuperación postdesove transcurre, la actividad en la zona de proliferación celular disminuye al igual que el número de ovocitos en reabsorción (atresias) (Del Figueiredo, 1972).

El motivo por el cual no se encontró una clara tendencia en el número de ovogonias, puede deberse a la etapas de reposo y crecimiento lento de ovarios en que se encontraron la mayoría de los organismos, evidenciadas por la presencia de gran cantidad de ovocitos no vitelados (ONV) en las gónadas, tanto de organismos A como NA (figura 11). Esto indica que posiblemente los organismos ya habían completado el proceso de proliferación celular y se encontraban en espera de las condiciones ambientales adecuadas para dar lugar al proceso de vitelogénesis en los ovocitos no vitelados, convertirlos en ovocitos parcialmente vitelados y finalmente completar el ciclo de maduración de los óvulos.

Variación porcentual de los tipos de ovocitos

La determinación del estadio de madurez depende de la abundancia y condición de estructuras y tipos de ovocitos en las gónadas (Tapia *et al.*, 1997). El incremento en porcentaje de ONV, la disminución de los OPV y la presencia de atresias en los organismos **A** y **NA**, son características que corresponden a las fases de reposo y crecimiento lento de ovarios, en las cuales se observa la presencia de ovogonias, gran cantidad de ovocitos no vitelados, algunos ovocitos parcialmente vitelados y ovocitos en reabsorción conocidos como atresias (Tapia *et al.*, 1997).

Los resultados encontrados en el presente estudio, contrastan con la mayoría de los trabajos en maduración inducida mediante la ablación, en los que se reporta un aceleramiento del desarrollo gonádico de las langostas (Quakebush y Herrkind, 1981; Radhakrishnan y Vijayakumaran, 1984; Juinio-Meñez y Ruinata, 1996). El elemento en común entre estos trabajos, es que fueron realizados en las épocas del año en que el proceso de maduración natural ocurre y en donde las condiciones son óptimas para el desarrollo gonadal, lo que contribuye a que el efecto de la ablación sea más marcado (Bliss, 1996; Adiyodi y Adiyodi, 1970).

En cambio, el presente trabajo pretendió determinar la factibilidad de lograr la maduración gonadal en las langostas *Panulirus interruptus* fuera de la temporada natural de maduración y se encontró que los organismos no maduraron, condición evidenciada por la disminución en el índice gonadal y por las características estructurales de la gónada, es decir, la abundancia de los tipos de ovocitos.

La ausencia de maduración en organismos ablacionados fue reportada en el trabajo realizado por Kalemur y Subramoniam (1989), en donde encontraron que la ablación en la langosta *Thenus orientalis* no aceleró el desarrollo ovárico, si no que lo disminuyó e incluso condujo a la reabsorción de los ovocitos. Este comportamiento fue atribuido al antagonismo entre muda y maduración ya que los organismos ablacionados en dicho estudio mostraron una disminución en el ciclo de muda. Lo anterior concuerda en parte con los resultados del presente estudio, en donde se observó un comportamiento similar con respecto a la maduración gonadal. Sin embargo, no se evidenció una disminución en el ciclo de muda de ningún organismo, lo que se explica en función de la etapa de reposo reproductivo y lento crecimiento en que se encuentran las langostas durante la temporada invernal (Lindberg, 1955), periodo en que fue realizado el experimento.

El proceso de reabsorción de ovocitos, evidenciado por la presencia de atresias encontradas en las gónadas de organismos **A** y **NA** en el experimento, se atribuye a condiciones fisiológicas inadecuadas provocadas por las características ambientales (Nakamura, 1990). La reabsorción de los ovocitos es característica del estadio de reposo de las gónadas, durante el cual los organismos en lugar de madurar, utilizan sus reservas para satisfacer la energía requerida en los procesos fisiológicos (Waterman, 1960).

Ovocitos no vitelados

La variación del tamaño de los ONV en los organismos **A** y **NA** durante el experimento, mostró diferencias significativas entre grupos. Los ONV de organismos **A** mostraron mayor tamaño que los del grupo **NA** hacia el final del

experimento, reflejando un ligero adelanto en su desarrollo, probablemente causado por la ablación. A pesar de esta diferencia observada, es claro que el tamaño de los ovocitos de ambos grupos no se incrementó con respecto al inicio, indicando que las langostas durante la temporada experimental no mostraron crecimiento en los ovocitos no vitelados, si no que se mantuvieron en una etapa de reposo. Esta condición difiere de lo encontrado en la población natural del centro de la península de Baja California, ya que el desarrollo de los ovocitos inicia en diciembre y paulatinamente van creciendo conforme avanza el tiempo (Ayala, 1983). Sin embargo, es posible que exista un desfase en el desarrollo de los ovocitos, entre la población de langostas del centro y norte de la península, debido a las condiciones de temperaturas que rigen en cada zona durante la época invernal.

El tamaño (65 micras; figura 13) y coloración basófila (morado, mediante la tinción Hematoxilina - Eosina) de los ONV en los organismos **A** y **NA**, es característico del estado previtelogénico de los ovocitos (Minagawa y Sano, 1997). Dicho estado indica que los ONV se encuentran en una fase previa al inicio de la vitelogénesis y seguramente en espera de condiciones adecuadas para desencadenar los procesos hormonales que culminen en la maduración en los organismos.

Ovocitos parcialmente vitelados

La tendencia del tamaño de los OPV durante el experimento indica que los organismos **A** y **NA** tuvieron poca actividad en el desarrollo de los ovocitos. Apesar de esto, se encontraron diferencias significativas que demostraron el

mayor tamaño de los OPV en las langostas **A** con respecto a las **NA**. Esta condición observada en los organismos **A** durante el experimento, puede deberse a que la ablación favoreció el crecimiento de los OPV, ya que ésta promueve el desarrollo de los ovocitos en otras especies de langostas (Quakebush y Herrkind, 1981; Radhakrishnan y Vijayakumaran, 1984; Juinio-Meñez y Ruinata, 1996).

El crecimiento inicial de los OPV tanto en las langostas **A** y **NA**, registrado el día 34, se atribuye a la condición de mayor madurez encontrada en los organismos sacrificados en este tiempo, en comparación a los demás muestreos, lo que se atribuye a la variación natural de los individuos. Dicha condición de mayor madurez, se evidencia tanto por el mayor tamaño de los ovocitos como por las características observadas en las gónadas de estos organismos, en las cuales los ovocitos parcialmente vitelados mostraron mayor acumulación de vitelo y en ciertos casos se encontraban cerca de estar maduros (Minagawa y Sano, 1997). Asimismo otra prueba de dicha condición fue la disminución en el número de ovogonias encontrado al mismo tiempo, lo que caracteriza a organismos en madurez avanzada (Gesteira *et al.*, 1990).

La disminución del tamaño de los OPV en los organismos **A** y **NA** a partir del día 34, podría ser explicada en parte, por la época del año y su relación con los ciclos reproductivos. Durante la temporada invernal, las langostas *Panulirus interruptus* se encuentran en etapa de reposo y proliferación celular (Ayala, 1983), durante las cuales el proceso de vitelogénesis está en espera de las condiciones adecuadas para dar inicio a la acumulación de vitelo en los ovocitos. Cobb y Phillips (1980) realizaron observaciones similares en *Homarus americanus* que

coinciden con lo reportado en el presente trabajo. Ellos encontraron que durante la temporada de invierno ocurre un estado de reposo entre la vitelogénesis primaria y secundaria. Además, mencionan que la vitelogénesis temprana puede extenderse durante varios meses, provocando un lento crecimiento de los ovarios. En este estudio, se observaron gran cantidad de ONV en las gónadas, lo que caracteriza la etapa de vitelogénesis temprana (Minagawa y Sano ,1997), por lo que es posible que dicha etapa se haya alargado, provocando el lento desarrollo de los ovocitos, como fue observado en *Homarus americanus* (Cobb y Phillips (1980).

Apoyando la idea anterior, el intervalo de medidas de OPV encontradas durante el experimento en ambos grupos de organismos (142µm a 220µm), clasifica a los ovocitos en un estado de vitelogénesis primaria, caracterizada por la reducción en la afinidad del citoplasma a la hematoxilina y el aumento de afinidad a la eosina (mediante la técnica de tinción Hematoxilina - Eosina), además de un incremento de vacuolización en el citoplasma, así como la aparición de gránulos de vitelo entre las vacuolas (Nakamura, 1990).

Caracterización de los estadios del ciclo de muda

Las características de la fase de intermuda en la que los organismos **A** y **NA** se encontraban al inicio, se modificaron conforme transcurrió el experimento. Ambos grupos mostraron un ligera separación entre la cutícula y la epidermis, marcando la fase final de la intermuda o bien el inicio de la premuda (Lyle y McDonald, 1983). Dichas condiciones tanto en organismos **A** y **NA** mostraron que la ablación no tuvo efecto en el ciclo de muda de los organismos ya que se observaron dichas características en ambos grupos. Al respecto Robertson *et al.*(1987) no

encontraron diferencias en las estructuras de los urópodos de camarones ablacionados y sin ablacionar.

La transición de la etapa de intermuda hacia la premuda, observada en las langostas, demuestra que hacia el final del experimento tanto los organismos **A** como **NA** tendían a mudar, lo que coincide con el ciclo de muda natural registrado por Lindberg (1955) para la langosta *Panulirus interruptus*, en el que se reporta un periodo de muda masiva entre agosto y octubre, así como otro de menor intensidad entre marzo y junio. Lo anterior aunado a lo observado en el presente trabajo, demuestra que los organismos se preparaban para mudar y seguramente para aparearse, ya que se sabe que las hembras deben estar recién mudadas para recibir el saco espermático y mantenerlo para fecundar los óvulos en el momento en que la hembra se encuentre madura (Lindberg, 1955) .

Es importante hacer notar que la tendencia de los organismos **A** y **NA** con respecto a la maduración, demostró que éstos se encontraban en una etapa de reposo, evidenciada por la estabilidad registrada en las variables estudiadas. Dicha estabilidad es característica de la fase de intermuda, en donde la hormona que favorece la muda se encuentra suprimida por la presencia de la hormona antagónica. En el momento en que la hormona de la muda se libera de la influencia de la hormona inhibidora, ocurre la transición de la etapa de intermuda a la de premuda (Aiken 1973). Lo anterior reitera la falta de respuesta de los organismos a la ablación. El principal factor causante de dicha condición, se cree, fue la baja temperatura que contribuyó a la inhibición de la acción de las hormonas encargadas de la maduración y de la muda.

CONCLUSIONES

Respecto a la maduración gonadal en *Panulirus interruptus* se observaron valores ligeramente superiores en los organismos ablacionados respecto a los no ablacionados, sin embargo, las tendencias fueron similares entre grupos experimentales.

Tanto los organismos ablacionados como los no ablacionados, mostraron un incremento de peso promedio al final del experimento de 1.68% de su peso inicial, equivalente a una ganancia neta de 18.1 g en 113 días de experimentación.

El ciclo de muda en la langosta *Panulirus interruptus* no se modificó debido al efecto de la ablación.

El proceso de maduración evaluado mediante el índice gonadal mostró una disminución con respecto al tiempo en los organismos ablacionados y no ablacionados, lo cual se asoció a la disminución de la temperatura estacional.

El número de ovogonias no se vio afectado durante el experimento, indicando que el proceso de proliferación celular no se incrementó en ninguno de los grupos de organismos.

La abundancia porcentual de tipos de ovocitos en las gónadas de organismos ablacionados y no ablacionados mostraron características similares: los ovocitos no vitelados fueron los más abundantes, seguidos por los ovocitos parcialmente vitelados y por último las atresias. El estado de madurez correspondiente a estas características es de reposo y gametogénico.

El tamaño de los ovocitos parcialmente vitelados y no vitelados en las gónadas de organismos ablacionados y no ablacionados mostraron tendencias similares de poca variabilidad y casi nulo crecimiento durante el experimento, lo que reiteró el estado de reposo de las gónadas.

El descenso en la temperatura registrado en la primera mitad del experimento estuvo por encima del efecto de la ablación, resultando en una aparente inhibición de ésta.

La aplicación de la ablación unilateral durante la temporada invernal en hembras adultas de langosta roja *Panulirus interruptus*, no aceleró los procesos de crecimiento, muda y maduración gonadal.

LITERATURA CITADA

- Aiken D. E. 1973. Proecdysis, setal development, and molt prediction in the american lobster *Homarus americanus*. J. of the Fisheries Research Board of Canada. 30: 1337-1344.
- Aiken D. E., S. L. Waddy and J. D. Castell. 1979. Effect of temperature and eyestalk ablation on the reproductive organs of the lobster (*Homarus americanus*). In, Advances in invertebrate reproduction. Vol. II, editado por W. H. Clark, Jr. y T. S. Adams, Elsevier , New York, p. 330.
- Adiyodi K. G. and R. G. Adiyodi. 1970. Endocrine control of reproduction in decapod crustacea. Biol. Rev. 45:121-165.
- Aquacop. 1977. Observations sur la maturation et la reproduction en captivité des crevettes Penéides en milieu tropical. Third meeting of the I. C. E. S. Working group on mariculture. Brest, France. May 10-13, Actes de Colloques du CNEXO 4:157-178.
- Ayala Martínez Y. 1983. Madurez sexual y aspectos reproductivos de la langosta roja, *Panulirus interruptus* (Randall), en la costa oeste central de la península de Baja California, México. Ciencia Pesquera. Instituto Nacional de la Pesca. Secretaría de Pesca. México. (4): 33-48.
- Bliss D. E. 1966. Relation between reproduction and growth in decapod crustaceans. Am. Zool. 6:231-233.
- Bodkin. J. L. and L. Browne. 1992. Molt frequency and size-class distribution in the California spiny lobster (*Panulirus interruptus*) as indicated by beach cast

carapaces at San Nicolas Island , California. Calif. Fish and Game. 78(4): 136-144.

- Briones Fourzán P. 1995. Biología y Pesca de las Langostas en México. En Temas de Oceanografía Biológica en México II. Gonzáles Farias, F. y de la Rosa Velez J. (eds). Universidad Autónoma de Baja California.
- Cobb, S. J. and Phillips, B. 1980. The biology and management of lobster, vol. I, physiology and behavior. Academic Press. New York. E.U.A. pp. 463.
- Chamberlain, G. W. 1985. Texas Shrimp Farming Manual an update on current technology. Agricultural Extension Service. Corpus Christi, Tx. E.U.
- Chang. E. S., 1989. Endocrine regulation of molting in Crustacea. Rev. Aquat. Sci. 1: 131-157.
- Chapa, S. H. 1964. Contribución al conocimiento de las langostas del Pacífico mexicano y su pesquería. INIBP. Sría. Ind. Con. Dir. Pes. Ind. Con. Publ. (6): 5-68.
- De Figuereido M. J. 1972. Some aspects of the histology of the ovary of the Norway lobster *Nephrops norvegicus* and the shrimp *Penaeus kerathurus* during their cycle of maturation. Bol. Inf. Inst. Biol. Marit. Pp. 19.
- Díaz A. C., A. M. Petriella and J. L. 1997. Effect of peduncular ablation on the ovarian maturation of *Pleurotus muelleri* (Decapoda, Solenoceridae). Interaction between molting and ovary development. Revista Brasileira de Oceanografia. 45(1-2): 53-60.
- Gesteira. T. C. V., J. R. F. Silva, E. Schrader y A. V. P. Lima. 1990. Maturacao de Femeas da langosta *Panulirus laeviscauda* (Latreille) (Crustacea:

Palinuridae) em confinamiento. 1. Influencia da ablacao do pedunculo ocular.

Arq. Cienc. Mar. 28: 17-26.

- Gracia, A. y C. B. Kensler. 1980. Las langostas de México: su biología y pesquería. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnología. Univ. Nal. Autón. México. 7(2):111-128.
- Jandel Corporation. 1995. SigmaStat for Windows. Statistical Software. Version 2.0.
- Juinio Meñez, M. A. and J. Ruinata. 1996. Survival, growth and food conversion efficiency of *Panulirus ornatus* following eyestalk ablation. Aquaculture.,vol 146: 225-235.
- Kaleemur. R. and T. Subramoniam. 1989. Molting and its control in the female sand lobster *Thenus orientalis* (Lund). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 128: 105-115.
- Kelemec, J. A. and I. R. Smith. 1980. Induced ovarian development and spawning of *Penaeus plebejus* in a recirculating laboratory tank after unilateral eyestalk enucleation. Aquaculture. , 21:55-62.
- Kleinholz. L. H. 1976. Crustacean Neurosecretory hormones and physiological specificity. Amer. Zool. 16: 151-166.
- Lindberg, R. G. 1955. Growth population dynamic, and field behavior in the spiny lobster, *Panulirus interruptus* (Randall). Univ. Cal. Publish. Zool. 59 (6): 157-248.
- Lyle, W.G and C.D. MacDonald. 1983. Molt stage determination in the hawaiian spiny lobster *Panulirus marginatus*. J. of Crustacean Biology.3(2):208-216.

- Minagawa. M. 1997. Reproductive cycle and size dependent spawning of female spiny lobsters (*Panulirus japonicus*) off Oshima Island, Tokyo, Japan. Mar. Freshwater Res. 48: 869-874.
- Minagawa. M. and M. Sano. 1997. Oogenesis and ovarian development cycle of the spiny lobster *Panulirus japonicus* (Decapoda: Palinuridae). Mar. Freshwater Res. 48: 875-887.
- Muthu, M.S. and A. Laxminarayana. 1977. Induced maturation and spawning of Indian penaeid prawns. Indian J. Fish., 24(1-2): 172-180.
- Nakamura. K. 1990. Maturation of the spiny lobster *Panulirus japonicus*. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ. Japón. 39: 129-135.
- Phillips. B. F., J. S. Cobb and J. Kittaka. 1994. Spiny lobster management. Fishing news books , Blackwell Scientific Publications. London.
- Pineda. B. J., A. J. Díaz de León., C. F. Uribe O. 1981. Fecundidad de la langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall, 1842) en Baja California. Ciencia Pesquera, Inst. Nal. Pesca. Dpto. Pesca. México, 1(1): 99-118.
- Polanco J., E. 1987. Pesquerías mexicanas. Estrategias para su administración. Secretaría de Pesca. pp. 473-489.
- Quakebush L. S. 1994. Lobster reproduction: a review . Crustaceana (Leiden). 67: 82-94.
- Quakebush L. S. and W. F. Herrnkind. 1981. Regulation of molt and gonadal development in the spiny lobster *Panulirus argus* (Crustacea: Palinuridae): Effect of eyestalk ablation. Comp. Biochem. Physiol., 69A: 523-527.

- Radhakrishnan E. and M. Vijayakumaran. 1984. Effect of eyestalk ablation in the spiny lobster Panulirus homarus (Linnaeus). Indian J. Fish., vol.31(2):210-216.
- Rahman K. and T. Subramoniam. 1989. Molting and its control in the female sand lobster *Thenus orientalis* (Lund). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., vol. 128: 105-115
- Robertson L., W. Bray, J. Leung and A. Lawrence. 1987. Practical molt staging of *Penaeus setiferus* and *Penaeus stylirostris*. Journal of the World Aquaculture Society. 18(3): 180-185.
- Tapia Vázquez O. M., J. J. Castro González. 2000. Fecundidad y anatomía microscópica del ovario de la langosta roja *Panulirus interruptus* de Punta Eugenia, Baja California Sur., México. INP. SAGARPA. México. Ciencia pesquera No. 14: 63-66.
- Tapia Vázquez O. M., J. J. Castro González., M. I. Montes Pérez y E. A. Inda Presichi.1997. Curso teórico-práctico. Determinación de la madurez y fecundidad en especies de importancia comercial. UABC. SEMARNAP. INP. CRIP.
- Theilacker, G. H. 1985. Notas. "Standard histological procedure used for the larvae and ovaries at the Southwest Fisheries Center, La Jolla. California".
- Waterman. T. H. 1960. The physiology of crustacea. Academic press. New York. E.U.A. 670 pp.
- Yano, I. 1992b. Hormonal control of reproductive maturation in penaeid shrimp. NOAA Technical report. NMFS 106: 7-14.

- Zar, J. H. 1984. Biostatistical análisis. 2^a Ed. Prentice Hall. E.U.A. 718 pp.
- Zeleny, C., 1905. Compensatory regulation. J. Exp. Zool. 2: 1-102.
- Zhang D., J. Lin and L. Creswell. 1997. Effect of eyestalk ablation on molt cycle and reproduction in the banded coral shrimp, *Stenopus hispidus* (Oliver). J. of Shellfish Res. 16(2): 363-366.